Les systèmes photovoltaïques

Guide de l'acheteur

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Canada

Les systèmes photovoltaïques : Guide de l'acheteur

Le présent guide est offert à des fins d'information seulement. Les points de vue exprimés ne sont pas nécessairement ceux du gouvernement du Canada. Rien dans le présent guide ne doit être interprété comme étant une recommandation à l'égard des produits ou des services commerciaux qui peuvent y être mentionnés. Le gouvernement du Canada, ses ministres, ses représentants, ses employés et ses agents ne donnent aucune garantie à l'égard du présent guide et n'assument aucune responsabilité qui pourrait découler de son contenu.

Publié par :
Ressources naturelles Canada
Direction des ressources énergétiques
Division de l'énergie renouvelable et électrique
580, rue Booth, 17e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télec. : (613) 995-0087
Site Web : www.rncan.gc.ca/peiwet

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2003

N° de catalogue : M92-28/2003F
ISBN : 0-662-86406-2

Also available in English under the title
Photovoltaic Systems: A Buyer's Guide

105-00885/

Table des matières

À propos de ce guide 2

1. Qu'est-ce qu'un système photovoltaïque (solaire électrique)? 3
Énergie photovoltaïque 3
Fonctionnement 3
Trois genres de systèmes 4

2. Pourquoi s'intéresser aux systèmes photovoltaïques 7
Avantages des systèmes PV 7
Limites des systèmes PV 8

3. Systèmes photovoltaïques en usage au Canada 9
Chalets et résidences 9
Électrification de pavillons en forêt 12
Applications relatives aux loisirs ou aux appareils mobiles 13
Agriculture 15
Systèmes sur mesure 16

4. Achat d'un système photovoltaïque 17
Se préparer 17
Où trouver des systèmes 17
Choisir un distributeur 18
Prendre une décision 18

5. Installation et entretien 20
Installation 20
Montage des modules 20
Abri des accumulateurs 22
Entretien 23

6. Estimation des besoins 24
1re étape : Estimation des besoins en électricité 24
2e étape : Dimensionnement approximatif du système 26

7. Exemples de calculs de dimensionnement 31
1er exemple : Système de chalet d'été – La famille Nguyen 31
2e exemple : Système d'une résidence éloignée occupée toute l'année – La famille Tremblay 33

8. Information technique sur les composants du système 35
Technologie photovoltaïque 35
Caractéristiques électriques du module : la courbe courant-tension (I-U) 36
Autres composants des systèmes 36

Annexe A 40
1re étape : Estimation des besoins en électricité (en Wh/j) 40
2e étape : Dimensionnement approximatif du système photovoltaïque 41

Annexe B Charges types 42
Puissance nominale type d'appareils courants 42

Annexe C Éclairage éconergétique 43
Comparaison de systèmes d'éclairage types 43

Lexique 44

Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire 46

Questionnaire à l'intention du lecteur 47

À propos de ce guide

Les renseignements contenus dans les pages suivantes s'adressent à qui envisage de se procurer un système photovoltaïque pour :

- un chalet ou une résidence située dans un endroit isolé;
- des applications relatives aux loisirs ou aux appareils mobiles;
- l'agriculture;
- un gîte situé en région éloignée;
- le système d'éclairage d'un endroit isolé.

Le présent guide vise à vous aider à déterminer si le recours à un système photovoltaïque est une option adaptée à vos besoins d'approvisionnement en électricité concernant l'un ou l'autre des usages susmentionnés. On y décrit des systèmes photovoltaïques typiques et novateurs, en faisant mention d'installations réussies au Canada, et on y dresse une liste des points à considérer avant de communiquer avec un distributeur (ainsi que les questions auxquelles ce dernier doit être en mesure de répondre).

Chacune des sections du guide est divisée en rubriques courtes et simples à comprendre, de sorte que vous pouvez parcourir le document en commençant par les sujets qui vous intéressent ou le lire d'un bout à l'autre. Vous y trouverez divers formulaires destinés à vous aider à évaluer vos besoins en électricité et en énergie.

Après la lecture de ce guide, vous devriez en savoir suffisamment sur les systèmes photovoltaïques pour pouvoir en discuter avec un distributeur et, avec l'aide de ce dernier, évaluer le meilleur type de système photovoltaïque pour répondre à vos besoins – actuels et à venir. Le présent guide fournit uniquement des estimations et n'a pas la prétention de remplacer l'expertise technique nécessaire à la conception détaillée et à l'installation d'un système. Aucune mention de produits ou d'entreprises dans ce texte ne doit être perçue comme une recommandation ou une forme de promotion.

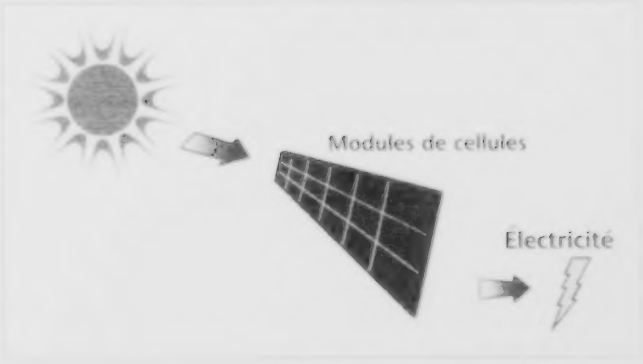
Énergie photovoltaïque

Le terme « photovoltaïque », souvent abrégé par les lettres PV, a été formé à partir des mots « photo », un mot grec signifiant *lumière*, et « Volta », le nom du physicien italien Alessandro Volta, qui a inventé la pile électrochimique en 1800. L'effet photovoltaïque, c'est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité. Cette technologie ne produit pas de chaleur, contrairement aux chauffe-eau et aux chauffe-piscines solaires résidentiels. Elle diffère également de la technologie utilisée dans les centrales thermodynamiques solaires où l'énergie solaire concentrée sert à produire de la vapeur qui active une turbine raccordée à un groupe électrogène.

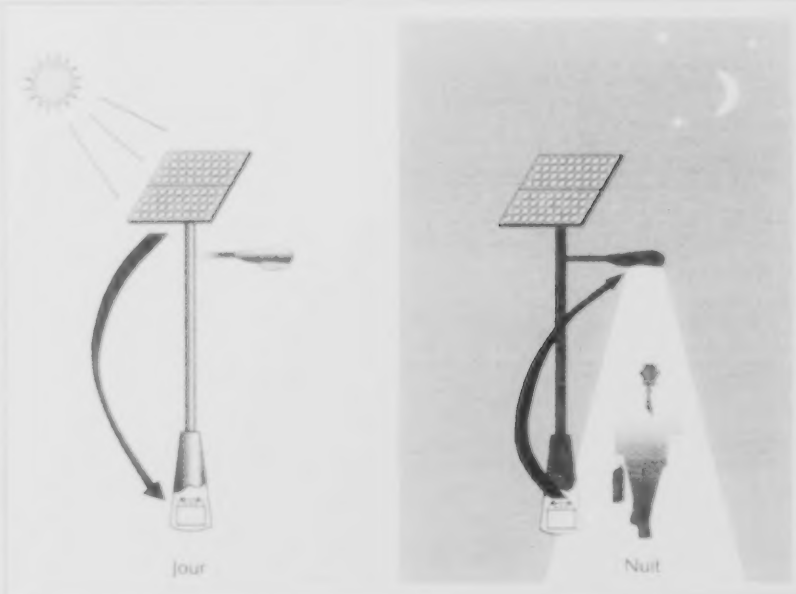
Les systèmes photovoltaïques ne contiennent aucune pièce mobile. Ils sont fiables, requièrent peu d'entretien, sont silencieux et ne produisent aucune émission de polluants. Ce sont des systèmes modulaires : les éléments de base (modules de cellules solaires) sont vendus dans un vaste éventail de capacités d'alimentation électrique qui vont d'une fraction de watt (par exemple les montres et les calculettes à pile solaire) à plus de 300 watts. L'interconnexion des modules permet d'obtenir la puissance qu'exige votre application. Certaines centrales PV de démonstration produisent une puissance allant jusqu'à plusieurs mégawatts, bien que la plupart des systèmes installés soient de dimension beaucoup plus modeste.

Fonctionnement

En général, les cellules photovoltaïques sont constituées de matériaux semiconducteurs spéciaux qui permettent aux électrons, qui sont excités lorsque le matériel est exposé à la lumière du soleil, d'être libérés de leurs atomes. Une fois libérés, ils se déplacent dans le matériau et forment un courant électrique. Le courant circule dans une seule direction (comme aux bornes d'une pile) et c'est pourquoi on dit que cette électricité est à courant continu (c.c.).



Les modules PV convertissent la lumière solaire directement en électricité.



Les accumulateurs permettent aux systèmes PV de fournir de l'électricité durant les périodes sans soleil.

L'énergie produite par les modules photovoltaïques peut être utilisée immédiatement ou emmagasinée dans les accumulateurs pour être consommée plus tard. Généralement, le surplus d'énergie produit par les systèmes PV autonomes durant les périodes d'ensoleillement est emmagasiné dans les accumulateurs. Ces derniers fournissent ensuite l'électricité nécessaire pendant la nuit ou lorsqu'il n'y a pas suffisamment de rayonnement solaire. Dans ces systèmes, la puissance électrique du champ de modules et la capacité des accumulateurs sont soigneusement déterminés afin d'obtenir un rendement optimal.

Certaines applications des systèmes autonomes, tel le pompage de l'eau, ne nécessitent pas d'accumulateurs. L'eau est pompée lorsque le soleil brille et est emmagasinée directement dans un réservoir au-dessus du point d'utilisation, ce qui rend l'eau accessible par simple effet de gravité.

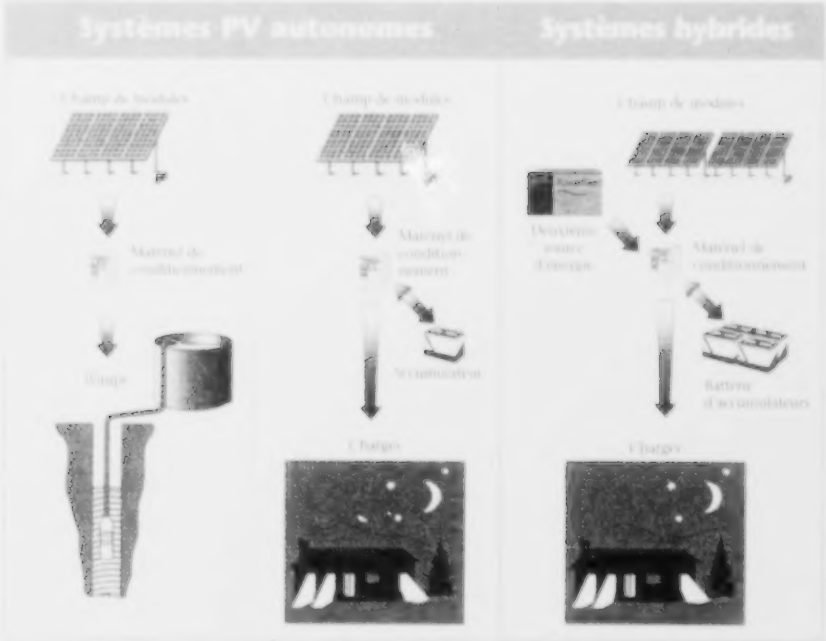
D'autres systèmes photovoltaïques convertissent l'électricité en courant alternatif (c.a.) et transfèrent leur surplus d'électricité au réseau auprès duquel ils s'approvisionnent pendant la nuit ou lorsque le rayonnement solaire est insuffisant. On parle alors de systèmes connectés à un réseau ou en interaction avec un réseau.

Trois genres de systèmes

Les trois genres de systèmes photovoltaïques que l'on rencontre généralement sont les systèmes autonomes, hybrides et connectés à un réseau. Les deux premiers sont indépendants du service public de distribution d'électricité; on les retrouve souvent dans les régions éloignées.

Systèmes autonomes

Les systèmes autonomes dépendent uniquement de l'énergie solaire pour répondre à la demande d'électricité. Comme nous l'avons mentionné auparavant, ils peuvent comporter des accumulateurs – qui emmagasinent l'énergie produite par les modules au cours de la journée – servant la nuit ou lors des périodes où le rayonnement solaire est insuffisant. Ces systèmes peuvent également répondre aux besoins d'une application (par exemple, le pompage de l'eau) sans recours aux accumulateurs. En règle générale, les systèmes PV autonomes sont installés là où ils constituent la source d'énergie électrique la plus économique. Vous pouvez tout de même opter pour un système hybride pour des raisons environnementales ou parce que vous avez besoin d'un système fiable ou qui fonctionne sans être relié à un réseau.



Système sans accumulateurs *Système doté d'accumulateurs* *Système PV hybride*

Systèmes hybrides

Les systèmes hybrides, qui sont également indépendants des réseaux de distribution d'électricité, sont composés d'un générateur photovoltaïque combiné à une éolienne ou à un groupe électrogène à combustible, ou aux deux à la fois. Un tel système s'avère un bon choix pour les applications qui nécessitent une alimentation continue d'une puissance assez élevée, lorsqu'il n'y a pas assez de lumière solaire à certains moments de l'année, ou si vous désirez diminuer votre investissement dans les champs de modules photovoltaïques et les batteries d'accumulateurs.

Systèmes connectés à un réseau

Les systèmes de production d'énergie photovoltaïque connectés à un réseau sont une résultante de la tendance à la décentralisation du réseau électrique. L'énergie est produite plus près des lieux de consommation – et non pas seulement par de grandes centrales thermiques ou hydroélectriques. Au fil du temps, les systèmes connectés à un réseau réduiront la nécessité d'augmenter la capacité des lignes de transmission et de distribution. Un système connecté à un réseau produit sa propre électricité et achemine son excédent d'énergie vers le réseau, auprès duquel il s'approvisionne au besoin; ces transferts éliminent le besoin d'acheter et d'entretenir une batterie d'accumulateurs. Il est toujours possible d'utiliser ceux-ci pour servir d'alimentation d'appoint lorsque survient une panne de réseau, mais ce n'est pas nécessaire.

Les compresseurs d'oxygénation de l'eau et les pompes à eau sont des exemples d'applications photovoltaïques qui n'exigent pas d'accumulateurs. Photo gracieuseté d'Environergie Québec Inc.

Les résidences ou chalets en région éloignée peuvent être approvisionnés en électricité sans dépendre de l'expansion d'un réseau de distribution. Photo gracieuseté de Solener Inc.

Les systèmes plus petits comportent un boîtier – renfermant un petit convertisseur synchrone coordonné au réseau – installé à l'endos de chaque panneau. Les systèmes plus importants comportent un grand onduleur qui peut être relié à plusieurs panneaux (tout comme dans le cas des systèmes non connectés). Ces deux dispositifs convertissent le courant continu en courant alternatif et ils synchronisent le courant de sortie à celui du réseau afin de ralentir le compteur électrique. Si la puissance de sortie du système photovoltaïque est moindre que la consommation, le compteur ralentit. Au contraire,

Systèmes de production photovoltaïque centralisés et décentralisés.

si elle l'excède, le compteur tourne à rebours et accumule un crédit. Ce crédit peut être utilisé auprès du service de distribution quand le soleil est absent. Expliqué autrement, le réseau de distribution tient lieu de batterie d'accumulateurs sans limite. Dans la plupart des régions du Canada, vous devez obtenir l'autorisation du service public de distribution avant de lui fournir de l'électricité légalement.

La majeure partie des coûts d'un système connecté à un réseau est attribuable à la fabrication des modules photovoltaïques qui le composent. Ces coûts de production ont connu des réductions importantes au cours des dernières années, et on s'attend à ce que cette tendance se poursuive. Par conséquent, ce genre de système devient de plus en plus abordable. Dans certaines régions urbaines au climat chaud, le coût par kilowattheure d'électricité produit par un système photovoltaïque connecté à un réseau équivaut à celui produit par les autres formes de production d'électricité. Dans les régions où le rayonnement solaire est moindre, la rentabilité de ce type de système est encore marginale. Toutefois, il y a possibilité de réaliser des économies aux périodes de pointe là où la climatisation provoque une demande accrue pendant l'été. On parle aussi d'économies lorsque les modules PV peuvent remplacer avantageusement les matériaux de toiture traditionnels ou le recouvrement mural extérieur habituel des bâtiments. Ces économies réalisées au chapitre des matériaux font en sorte que le coût du kilowattheure tiré des systèmes PV connectés à un réseau devient de plus en plus concurrentiel.

Cette résidence d'Edmonton, en Alberta, est équipée d'un système de 2,3 kW connecté au service local d'électricité. Il produit environ 2 500 kW/h par année. Le coût d'investissement en 1995 s'élevait à 28 000 $.

Il existe un certain potentiel de marché pour les systèmes résidentiels photovoltaïques connectés à un réseau, mais leurs coûts doivent diminuer encore avant qu'ils ne puissent mieux concurrencer les taux peu élevés de l'électricité offerts actuellement presque partout au pays. Cependant, il vaut la peine de souligner que l'électricité photovoltaïque est une forme d'énergie « verte » et qu'à ce titre, elle a une plus grande valeur. Toutefois, cette valeur est subjective, et elle doit être exprimée en chiffres lorsqu'on envisage l'achat d'un tel système. Il faut chiffrer la valeur d'éviter la pollution produite par des sources traditionnelles ainsi que la valeur du coût de distribution évité.

Pour installer un système photovoltaïque, vous devez payer le coût d'investissement puis l'amortir sur les années suivantes. À l'opposé, vous ne payez l'électricité d'un service public de distribution qu'à mesure que vous la consommez. Le coût initial du système PV peut sembler lourd vu que l'électricité qu'il produit risque de coûter plus cher par kilowattheure que le prix demandé par le service public. Mais l'utilisation d'un système photovoltaïque écologique peut aussi être rattachée à la question de la qualité de vie, au même titre qu'on peut choisir entre un véhicule écoénergétique et un véhicule loisir travail qui consomme une grande quantité de carburant.

2. Pourquoi s'intéresser aux systèmes photovoltaïques

Si vous avez besoin d'une source d'électricité fiable dans un endroit où vous n'avez pas accès à un réseau électrique, l'énergie photovoltaïque peut s'avérer la solution la plus appropriée et la plus rentable. Bien des régions du Canada qui possèdent un climat continental sec bénéficient du même nombre d'heures d'ensoleillement que certains pays méditerranéens. Un système photovoltaïque utilisé pendant l'été au Canada peut tirer profit de la quantité substantielle d'énergie solaire disponible. Contrairement à ce que pensent bien des gens, les systèmes PV convertissent la lumière solaire en électricité plus efficacement à de basses températures. Cependant, les mois d'hiver canadiens donnent lieu à deux fois moins d'heures d'ensoleillement que l'été; mais le vent d'hiver souffle avec force à bien des endroits, ce qui rend logique l'utilisation d'une éolienne combinée au système. Un groupe électrogène à combustible est alors utilisé uniquement pour l'alimentation d'appoint.

L'énergie photovoltaïque peut servir :

- à alimenter des lampes, des radios, des téléviseurs, des pompes et plusieurs autres appareils d'usage courant au chalet et à la maison;
- à alimenter des clôtures électriques, des pompes à eau et d'autres dispositifs employés en agriculture;
- à faire fonctionner les systèmes de pompage et de circulation de l'eau des installations d'aquaculture et de pêche sportive;
- à assurer une source d'électricité fiable aux gîtes et aux camps de chasse et de pêche;
- à charger une batterie ou à en maintenir la charge lors d'activités de loisirs faisant appel à des véhicules de plaisance ou des voiliers, par exemple;
- à alimenter des appareils portatifs tels que des ordinateurs;
- à alimenter des appareils d'éclairage extérieur;
- à assurer une source d'électricité fiable pour de nombreuses applications commerciales;
- à réduire les factures mensuelles du service de distribution d'électricité.

Avantages des systèmes PV

Les utilisateurs de systèmes photovoltaïques apprécient leur fonctionnement silencieux, à faible entretien, non polluant, sûr et fiable ainsi que le degré d'indépendance qu'ils procurent. Pour quelle autre raison devriez-vous envisager d'acheter un tel système? Si votre habitation est située à bonne distance d'un réseau électrique, il peut être moins coûteux de produire votre propre électricité plutôt que de payer pour l'installation de lignes de transmission visant à raccorder votre système au réseau. Les groupes électrogènes au diesel, à l'essence ou au propane constituent les options de rechange courantes, mais bien des gens les trouvent bruyants, polluants et coûteux à entretenir et à faire fonctionner. En outre, il est peu logique de mettre en marche un groupe électrogène de 5 kW pour alimenter quelques ampoules de 100 watts. Les systèmes photovoltaïques permettent de limiter les inconvénients des génératrices en les utilisant uniquement en tant qu'appareils d'appoint.

Lorsque le coût d'investissement est à considérer, ou que l'énergie photovoltaïque à elle seule ne peut remplacer le groupe électrogène déjà installé, il est possible d'ajouter une éolienne comme composante d'un système photovoltaïque hybride afin de limiter l'utilisation du groupe électrogène. Un tel système de recharge intermittent est plus efficace qu'un groupe électrogène qui fonctionne sans arrêt à bas régime. Il permet non seulement de réaliser des économies de combustible et de réduire les coûts d'entretien, mais la durée de vie utile du groupe électrogène s'en trouve allongée. Également, puisque les panneaux PV et la batterie d'accumulateurs sont modulaires, vous pouvez développer graduellement votre système au fur et à mesure que votre budget vous le permet ou suivant l'accroissement de vos besoins.

Limites des systèmes PV

Il est essentiel de réaliser que les systèmes photovoltaïques entraînent un investissement important de l'acheteur et que l'électricité qu'ils produisent coûte plus cher que l'énergie bon marché des services publics au Canada. Par conséquent, vous devez réserver l'électricité issus des modules, de l'onduleur et du système de stockage à des appareils, à des outils et à des dispositifs d'éclairage très écoénergétiques.

Bien qu'il soit techniquement possible, le chauffage à l'énergie photovoltaïque n'est pas recommandé. Vous pouvez obtenir de la chaleur plus efficacement avec un système solaire thermique. Un chauffe-eau solaire produit plus d'eau chaude à moindre coût que tout appareil alimenté à l'énergie photovoltaïque[1]. Par ailleurs, dans la cuisine, il est généralement plus rentable et plus pratique d'utiliser une cuisinière au propane ou au gaz naturel plutôt qu'à l'électricité solaire. Les résidences et les chalets qui dépendent de systèmes PV autonomes comptent souvent un four au bois pour la cuisine et le chauffage des locaux. Quant aux réfrigérateurs, ils deviennent de plus en plus écoénergétiques, de sorte qu'il est désormais possible de les alimenter par l'énergie photovoltaïque. Malheureusement, les réfrigérateurs et congélateurs très écoénergétiques se vendent toujours très cher, mais il est maintenant possible de se les procurer chez les distributeurs de produits photovoltaïques.

D'un point de vue économique, on recommande de commencer par envisager l'achat d'appareils écoénergétiques pour ensuite dimensionner le système photovoltaïque en fonction de la consommation réelle réduite d'électricité. À titre d'exemple, l'utilisation de tubes fluorescents compacts réduira votre consommation d'électricité liée à l'éclairage d'environ 80 p. 100.

[1] *Pour de plus amples renseignements, procurez-vous un exemplaire de la brochure* Les chauffe-eau solaires : guide de l'acheteur *auprès de Ressources naturelles Canada. Composez le numéro sans frais 1 800 387-2700 ou visitez le site Web http://www.rncan.gc.ca/penser.*

3. Systèmes photovoltaïques en usage au Canada

L'emploi de la technologie photovoltaïque se répand rapidement à la fois dans les pays industrialisés et en développement. Bien que l'industrie photovoltaïque canadienne ait connu un essor considérable au cours de la dernière décennie, l'emploi de cette source d'énergie demeure relativement limitée, partiellement en raison des tarifs peu élevés des services publics, mais aussi en raison de mythes solidement ancrés dans l'esprit des gens, parmi lesquels :

Mythe :

« Il n'y a pas assez de lumière solaire au Canada. »

Mythe :

« La technologie solaire électrique n'est pas efficace dans les climats froids. »

Mythe :

« La technologie photovoltaïque n'a pas fait ses preuves. »

Mythe :

« Les systèmes photovoltaïques sont trop dispendieux. »

Des milliers de systèmes PV d'un bout à l'autre du Canada (et des millions de systèmes installés partout dans le monde), destinés à une multitude d'applications, ont fait la preuve que ces mythes étaient faux. Il est vrai que les conditions au Canada représentent un défi particulier quant à l'emploi de l'énergie photovoltaïque, mais un système adéquatement conçu peut s'avérer une source d'énergie fiable dans la plupart des régions éloignées. Dans les pages qui suivent, les systèmes donnés en exemple montreront les possibilités de cette technologie.

Chalets et résidences

De plus en plus de Canadiens et de Canadiennes ont recours aux systèmes photovoltaïques pour faire fonctionner les lampes et appareils électroménagers des chalets ou des résidences qui ne sont pas connectés à un réseau public. À l'instar de ces propriétaires, vous apprécierez ces systèmes photovoltaïques parce qu'ils sont silencieux, sûrs, polyvalents et fiables et qu'ils ne requièrent que peu d'entretien et ne causent pas de pollution. En règle générale, ces systèmes constituent une option rentable pour les chalets et résidences situés à plusieurs centaines de mètres d'un réseau de distribution; par contre, ce n'est pas encore le cas dans les endroits où l'on a facilement accès au réseau.

Exemple 1 : Chalet dans un lieu isolé doté d'un système PV autonome classique

Photo gracieuseté de Cimat enr.

Ce chalet, bâti loin du réseau de distribution d'électricité, utilise l'énergie photovoltaïque pour alimenter en courant continu (c.c.) plusieurs lampes fluorescentes, quelques lampes halogène et une pompe à eau, qui fournit l'eau courante aux résidents. La cuisinière et le réfrigérateur fonctionnent au propane. Aucun onduleur n'est requis, mais il est possible d'en ajouter un en tout temps si des charges de courant alternatif (c.a.) sont ajoutées.

Le système du chalet comporte :

- deux modules PV de 75 W (150 W de puissance);
- un régulateur de 20 A;
- un panneau de distribution à fusibles;
- une batterie d'accumulateurs;
- un second système PV qui alimente une petite lampe c.c. extérieure reliée à un panneau de 8 W et à un accumulateur.

Le chalet est habité principalement durant les fins de semaine et pendant les vacances, ce qui explique la grande capacité d'accumulateurs par rapport à la surface des modules photovoltaïques. Cette façon de faire permet de disposer d'une plus grande quantité d'énergie durant les deux jours d'occupation, et les modules rechargent les accumulateurs pendant les cinq autres jours de la semaine. Ce système fonctionne depuis 1997 et n'a nécessité à ce jour aucun entretien.

Exemple 2 : Résidence d'été située sur une île du fleuve Saint-Laurent, près de Montréal (Québec), alimentée par un système PV autonome

Les lignes électriques du Québec ont subi des dommages majeurs par deux fois au cours des cinq dernières années, notamment lors de la grande tempête de verglas qui a sévi en 1998. À l'un de ses clients qui possède un chalet d'été sur une île, Hydro-Québec a décidé de fournir un système photovoltaïque au lieu d'entretenir une ligne de transmission électrique de 200 m reliant l'île à la terre ferme.

La demande moyenne d'électricité du chalet est de 5,5 kWh/j (ce qui est très peu élevé par rapport à la normale au Canada); elle sert, principalement au cours de l'été, à faire fonctionner l'éclairage, les appareils électroménagers, les outils électriques, les pompes à eau et de piscine, le système d'alarme, etc. On calcule que la charge diminue de 75 p. 100 durant l'hiver, lorsque seuls l'éclairage extérieur et le système d'alarme sont en fonction.

Trois solutions ont été étudiées : le remplacement de la ligne aérienne de transport d'électricité, l'installation d'un câble sous-marin et l'emploi d'une source d'énergie renouvelable. En vertu des règlements de la Garde côtière canadienne, la nouvelle ligne aérienne devait être installée au moins de 10 à 15 m plus haut que l'ancienne. Il aurait été très coûteux pour Hydro-Québec d'installer un câble sous-marin, compte tenu du niveau élevé de biphényles polychlorés (BPC) dans les sédiments du Saint-Laurent. En novembre 1997, Hydro-Québec a décidé d'étudier des options de rechange. Un système photovoltaïque indépendant a été préféré à une éolienne en raison de la possibilité de vents faibles dans la région de Montréal durant l'été.

Finalement, le choix s'est arrêté sur un système photovoltaïque autonome parce que les besoins d'électricité durant l'hiver représentent environ le quart de la demande en été. Cette option permet d'éviter la nécessité d'entretenir un groupe électrogène à combustible. Le système comporte :

- 12 modules PV de 90 W, d'une capacité totale d'un peu plus de 1 kW à 12 V c.c. (volts à courant continu);
- le poteau déjà en place d'Hydro-Québec, utilisé pour soutenir la structure;
- un abri extérieur bien aéré fourni par le propriétaire pour entreposer les accumulateurs et les composants du système (pas toujours nécessaire);
- un régulateur solaire de 40 A;
- un onduleur à onde sinusoïdale de qualité de 2,5 kW à 120 V c.a. (volts alternatifs) d'une capacité de surtension de 8 kW;
- une batterie d'accumulateurs d'une capacité de 1 595 Ah et de 12 V c.c.

Les accumulateurs assurent une autonomie de sept jours dans des conditions sans soleil, en fonction de la charge quotidienne prévue. Cependant, le propriétaire de la résidence sait qu'il doit contrôler la consommation d'électricité lorsque les bulletins météorologiques annoncent un ennuagement ou de la pluie. Par conséquent, on a installé un compteur affichant la réserve d'énergie emmagasinée dans les accumulateurs (selon la consommation courante) et le taux de charge provenant du champ de modules.

Hydro-Québec a financé l'installation du système photovoltaïque, même si le coût de l'électricité produite s'élevait à plus de dix fois son prix régulier (environ 60 ¢/kWh contre 6 ¢/kWh). Les économies réalisées sur l'entretien de la ligne électrique justifiaient cet investissement. Hydro-Québec a également prévu le financement nécessaire au remplacement des composants du système lorsqu'ils seront désuets (25 ans pour les modules photovoltaïques, notamment). Après deux saisons d'utilisation, Hydro-Québec et le propriétaire étaient tous deux satisfaits de la performance du système photovoltaïque. Il arrive à répondre à la demande accrue provoquée par l'utilisation de la laveuse, du grille-pain, des lampes, des pompes, etc., durant les fins de semaine où jusqu'à 16 membres de la famille occupent toutes les pièces du chalet.

Exemple 3 : Système hybride PV-diesel au Tarryall Resort, Catherine Lake, près de Keewatin (Ontario)

Le Tarryall Resort est ouvert d'avril à octobre. Ce centre de villégiature compte sept chalets et un pavillon central qui peut loger jusqu'à 12 personnes. Les chalets sont équipés de lampes et d'appareils ménagers alimentés au propane. On se sert de l'électricité à longueur d'année dans le pavillon central pour faire fonctionner des appareils de toutes sortes, dont une laveuse, un grand congélateur, une pompe à eau, des téléviseurs, des lampes et des outils électriques. Le centre est situé à 6 km du réseau de distribution électrique. Les propriétaires ont examiné la possibilité d'un raccordement au réseau en 1980, mais le coût de branchement était estimé à plus de 80 000 $.

Les propriétaires ont plutôt décidé d'améliorer l'efficacité énergétique du pavillon. Ils ont remplacé les appareils d'éclairage par des lampes fluorescentes de 12 V à meilleur rendement, ont doté la pompe à eau d'un moteur plus petit, installé des minuteries à l'éclairage extérieur et placé le congélateur dehors en hiver. L'emploi d'appareils d'éclairage à meilleur rendement a eu un effet notable sur la consommation quotidienne d'électricité.

Jusque-là, la production d'électricité du camp avait été assurée par deux génératrices au diesel (la principale, de 7,5 kW, fonctionnant 24 heures sur 24, et l'autre, d'appoint, de 3,0 kW). Le coût élevé du combustible diesel a décidé les propriétaires à étudier le potentiel offert par un système hybride photovoltaïque-diesel.

En 1986, les propriétaires ont installé un système hybride composé des éléments suivants :

- un champ de modules PV de 564 W;
- une batterie de 24 accumulateurs de 2 V à décharge profonde;
- le groupe électrogène au diesel de 7,5 kW déjà en place.

La consommation de combustible diesel du camp a beaucoup diminué depuis l'installation du système hybride. Le groupe électrogène n'est mis en marche désormais que tous les trois ou quatre jours, pour une période de dix heures environ, pour recharger les accumulateurs. Auparavant, il brûlait du combustible sans arrêt pour générer le quart environ de sa puissance nominale. Les panneaux photovoltaïques fournissent à peu près 15 p. 100 de l'énergie nécessaire à l'exploitation de l'établissement. Ils assurent également une faible charge d'entretien à la fin du cycle de charge, ce qui prolonge la vie utile des accumulateurs et accroît l'efficacité du système. Par ailleurs, comme le groupe électrogène est employé de façon plus efficace grâce à son intégration au système hybride, sa vie utile est prolongée et les vidanges d'huile, les mises au point et les réparations majeures ont diminué. Les économies de combustible et d'entretien réalisées au cours de la première année d'utilisation seulement se sont élevées à environ 7 000 $.

Le coût initial élevé (36 000 $ en 1986) du système hybride a été récupéré en six ans d'exploitation. Les propriétaires du Tarryall Resort sont très satisfaits de leur système; ils apprécient particulièrement sa propreté et son fonctionnement silencieux, qui constituent une nette amélioration par rapport au bruit continuel du groupe électrogène. Ils ont depuis ajouté quatre modules PV, augmentant ainsi la puissance d'énergie solaire à 752 W. Ces mesures ont permis de réduire plus encore le recours au groupe électrogène. Les accumulateurs acide-plomb d'origine étaient toujours en usage en l'an 2000, après 14 ans de service. Les propriétaires du camp sont tellement satisfaits de la technologie photovoltaïque qu'ils ont décidé d'installer un système autonome (un module et un accumulateur à décharge profonde) pour éclairer chacun des sept chalets.

Électrification de pavillons en forêt

Pour les propriétaires d'un camp de pêche, un système hybride bien conçu pourrait présenter des avantages financiers, qu'il combine l'énergie photovoltaïque à un groupe électrogène au diesel, à une éolienne ou aux deux. Le coût de fonctionnement élevé de la production d'électricité par génératrice dans les endroits éloignés peut inciter les propriétaires à chercher des solutions de rechange, notamment les technologies d'énergie renouvelable. Dans bien des cas, un système hybride PV-diesel s'avère intéressant puisqu'il est rentable, simple et fiable. Durant les périodes de peu d'ensoleillement, le recours à la génératrice au diesel peut être diminué en tirant l'électricité de la batterie d'accumulateurs et en faisant fonctionner le groupe électrogène uniquement lorsque la réserve des accumulateurs baisse à un certain seuil.

Exemple 4 : Système hybride au poste des gardes de parc sur l'île Huxley, réserve de parc national Gwaii Haanas

Située dans les îles Moresby (Colombie-Britannique), l'île Huxley tient lieu de bureau d'inscription des visiteurs de la réserve de parc national Gwaii Haanas. Parmi ces derniers, on compte des scientifiques qui visitent cette région qui est vouée à la protection de l'environnement. Le camp comprend un pavillon de 75 m^2 doté d'une cuisine complète, de lits de camp pour quatre personnes et d'un bureau équipé d'un téléphone par satellite, de radios VHF et d'ordinateurs. Pour répondre à leurs besoins en électricité, les administrateurs du parc ont opté pour un système hybride non connecté au réseau. Il offre l'avantage, comparativement à un groupe électrogène qui fonctionne sans arrêt, de nécessiter moins d'entretien et un ravitaillement moins fréquent et d'être plus silencieux.

Le système installé en 1996 comprend :

- un champ de modules PV de 600 W composé de huit modules de 75 W;
- un onduleur à onde sinusoïdale de 4,0 kW;
- une batterie d'accumulateurs acide-plomb de 38 kWh;
- un groupe électrogène à essence de 5,0 kW.

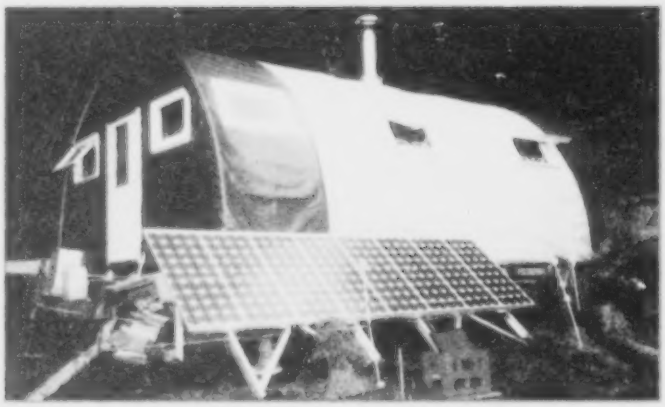


Photo gracieuseté de Soltek Solar Energy Ltd.

Afin de faciliter l'installation, toutes les composantes électriques ont été assemblées au préalable et connectées à un panneau de 1,3 m^2 avant la livraison. Le distributeur a également fourni un abri en aluminium à l'épreuve de l'eau afin d'y garder les accumulateurs et l'équipement électrique, qu'on a installé directement derrière le bloc d'hébergement. Un afficheur de l'état de charge des accumulateurs ainsi qu'un circuit de contrôle à distance raccordé à l'onduleur et au groupe électrogène ont été placés sur un mur intérieur du bâtiment pour accommoder le personnel du parc.

Le système énergétique intégré de Gwaii Haanas est complètement automatisé. Le générateur PV fournit la plupart de l'énergie et le groupe électrogène intervient au besoin comme source d'appoint. Dans l'éventualité de mauvaises conditions météorologiques ou d'une demande excessive, le groupe électrogène est programmé pour se mettre en marche dès que la batterie d'accumulateurs a perdu 50 p. 100 de sa charge nominale. De cette façon, les accumulateurs sont chargés avant qu'ils n'atteignent un seuil d'épuisement qui risquerait de les endommager.

Applications relatives aux loisirs ou aux appareils mobiles

Il est bien possible que vous ayez déjà recours à l'énergie solaire pour avoir l'heure, faire vos comptes ou agrementer vos heures de loisir. Depuis quelques années déjà, nombre de produits, comme des montres, des calculatrices et des jouets, sont alimentés à peu de frais par des piles photovoltaïques fiables et pratiques. Équipés de minuscules cellules qui produisent de l'électricité même lorsque l'éclairage est mauvais, ces produits de consommation fonctionnent sans piles coûteuses qui doivent souvent être changées.

De nos jours, il existe aussi dans le commerce des blocs d'alimentation photovoltaïque qui servent à faire fonctionner des appareils plus gros. D'une capacité d'une fraction de watt à bien plus de 100 watts, ces blocs peuvent être connectés en série ou en parallèle pour répondre à divers besoins. Ils peuvent servir de source d'alimentation directe ou recharger des accumulateurs. Ces systèmes pratiques sont employés au Canada pour alimenter toutes sortes d'appareils, des radios, magnétophones à cassettes et caméras aux articles de décoration de parterre, lampadaires et batteries de voilier ou de planeur. La propreté et le fonctionnement silencieux des systèmes PV sont considérés comme un atout majeur pour bien des activités de loisir.

Les gens qui travaillent sur le terrain avec des ordinateurs portatifs apprécient l'autonomie que leur offre l'énergie photovoltaïque. Photo gracieuseté de Midnight Sun Energy Ltd.

Bien des propriétaires de véhicules de plaisance ont adopté la technologie photovoltaïque. Photo gracieuseté de Rozon Batteries Inc.

Sur les véhicules de plaisance et les embarcations à moteur, les panneaux photovoltaïques peuvent aider à recharger les batteries. Le principal avantage d'un tel système, c'est qu'il parvient à maintenir l'état de charge de la batterie à bord, même durant les périodes prolongées où l'équipement demeure inutilisé.

La technologie PV arrive au pôle Sud

Les explorateurs Bernard Voyer et Thierry Petry ont été les premiers Nord-Américains à atteindre le pôle Sud à ski sans assistance. Ils devaient chacun tirer un pulka (un traîneau qui ressemble à un toboggan) de 170 kg sur une surface inégale de bombements de glace stratifiée. Le rayonnement solaire était disponible 24 heures sur 24 durant l'expédition; cependant, la durée de l'ensoleillement utilisable variait entre 2 et 9 heures par jour (en moyenne 5,5 heures par jour).

Photo gracieuseté de Bernard Voyer Explorateur Inc.

Besoins en électricité

Les explorateurs employaient un système photovoltaïque pour alimenter un téléphone par satellite sous des conditions climatiques extrêmes et comme source d'énergie d'appoint pour les accumulateurs au lithium d'une caméra vidéo. Le système a été conçu pour alimenter l'équipement suivant :

		Conversion en Wh par jour	
• téléphone mobile	60 W (8 min/j)	60 W x 8/60	8 Wh/j
• ordinateur portatif	42 W (15 min/j)	42 W x 15/60	10,5 Wh/j
• système de positionnement	0,5 W (24 h/j)	0,5 W x 24	12 Wh/j
• caméra vidéo	20 W (12 min/j)	20 W x 12/60	4 Wh/j
		Demande quotidienne totale moyenne :	34,5 Wh/j

Puisque la lumière solaire était utilisable en moyenne 5,5 heures par jour, l'équipe avait besoin d'une puissance de 6,3 W produite par les modules photovoltaïques (34,5 Wh/j ÷ 5,5 h/j).

Système d'alimentation

L'équipe avait besoin d'au moins deux panneaux de 5,5 W (une dimension très courante) pour satisfaire les besoins prévus et compenser pour le mauvais temps ou une charge supplémentaire. Voici les principales caractéristiques du système PV utilisé :

- puissance : 2 x 5,5 W
- capacité de stockage : accumulateur acide-plomb : 12 V, 9 Ah
  nickel-cadmium : 12 V, 5 Ah
- poids total : 5 kg

Les conditions de fonctionnement étaient les suivantes :
- température moyenne de -15 °C à -33 °C (décembre-janvier)

Le système a coûté 600 $.

Principaux avantages du système

Les accumulateurs primaires au lithium sont généralement choisis pour ce type d'expédition. On a évalué que 20 accumulateurs au lithium de 10 Ah auraient été nécessaires. Cette option a été rejetée compte tenu du coût (6 000 $) et du poids (12,5 kg).

Une autre possibilité consistait à transporter une petite génératrice à essence. La plus petite et la moins lourde sur le marché produisait 300 W et pesait 18 kg. En plus du poids à considérer, il aurait fallu transporter et manipuler du combustible. En outre, les gaz et le bruit de la génératrice auraient été désagréables, et la mise en marche de l'appareil dans un environnement aussi glacial aurait été laborieuse. Cette option a également été jugée non pratique.

Pour mener à bien une telle expédition, le système PV réunissait toutes les qualités requises : il s'avérait la manière la plus économique, fiable, pratique et écologique de produire de l'électricité – ainsi que la moins lourde.

Agriculture

Les systèmes photovoltaïques conviennent particulièrement bien en agriculture, lorsqu'on a besoin d'une puissance limitée, dans un endroit isolé, pour électriser une clôture, pour alimenter une pompe à eau servant à l'irrigation ou à l'abreuvement du bétail ou pour assurer l'aération d'un étang, etc.

Clôtures électriques

Les clôtures électriques à alimentation photovoltaïque sont de plus en plus populaires dans les provinces de l'Ouest, particulièrement dans les pâturages du nord. Plusieurs éleveurs du nord de l'Alberta et de la Colombie-Britannique ont installé des modules PV pour recharger les batteries de clôtures électriques ordinaires. Ces batteries ne s'épuisent jamais. Non seulement la technologie photovoltaïque élimine-t-elle les frais et les inconvénients d'une vérification régulière des batteries, mais elle permet aussi d'installer une clôture moins coûteuse que celle à fil barbelé, autre solution de remplacement à la clôture électrique classique. De plus en plus, les agriculteurs et les éleveurs canadiens constatent que les systèmes photovoltaïques, qui peuvent fonctionner tout l'été sans entretien, leur offrent un moyen pratique de clôturer les pâturages éloignés.

Les clôtures électriques à alimentation photovoltaïque économisent temps et argent pour l'éleveur de bétail et l'agriculteur. Photo gracieuseté de l'Agricultural Technology Centre (anciennement l'Alberta Farm Machinery Research Centre).

Pompage de l'eau pour l'abreuvement et l'irrigation

Le pompage de l'eau est l'un des usages les plus intéressants de l'énergie photovoltaïque. En agriculture, la demande d'eau atteint son maximum par temps chaud et sec, c'est-à-dire précisément au moment où l'on a accès au maximum d'énergie solaire. Un système simple sans accumulateurs est tout indiqué pour l'irrigation des cultures qui peuvent survivre sans eau lorsqu'il ne fait pas soleil. Par ailleurs, quand les besoins en irrigation sont indépendants des conditions météorologiques, il peut s'avérer plus économique de stocker l'énergie sous forme d'eau pompée plutôt que dans de coûteux accumulateurs.

À l'heure actuelle, il y a, au Canada, plusieurs millions d'hectares de pâturage isolé inexploités parce que le coût du pompage de l'eau, selon les méthodes usuelles, dépasse les revenus potentiels. Pour bien des agriculteurs et des éleveurs canadiens, les systèmes de pompage à alimentation photovoltaïque offrent une solution rentable.

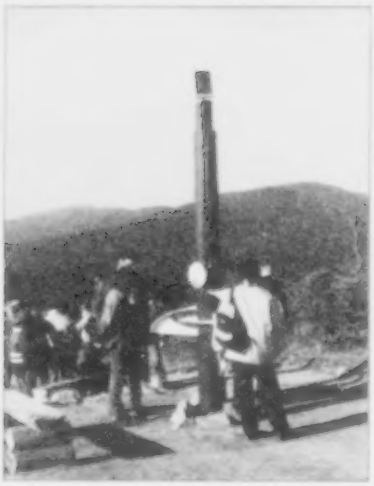
Abreuvement du bétail à l'aide d'un système PV de pompage de l'eau d'un étang afin de prévenir la contamination de la source. Photo gracieuseté de Sunmotor International.

Systèmes sur mesure

De nos jours, on trouve de plus en plus de systèmes photovoltaïques vendus en ensembles standards; cependant, la plupart des systèmes en usage au Canada ont été faits sur mesure pour répondre aux besoins particuliers de leurs utilisateurs et des caractéristiques des lieux où ils sont installés. Par conséquent, il ne faut pas vous attendre à acheter un système « déjà assemblé », comme ce serait le cas si vous acquériez un groupe électrogène au diesel ou à l'essence. Vous devrez probablement consulter des fournisseurs de matériel photovoltaïque pour établir le système qui conviendra à vos besoins.

Le secteur des télécommunications et la Garde côtière canadienne ont été parmi les premiers à utiliser des systèmes photovoltaïques, pour alimenter des répéteurs de télécommunication, des phares et des systèmes d'aide à la navigation situés dans des endroits isolés. Leurs attentes à l'égard de la fiabilité ont contribué à faire en sorte que l'industrie photovoltaïque développe des produits de qualité et améliore ses outils de conception.

On peut par ailleurs se procurer de petits ensembles d'éclairage PV auprès des distributeurs. Convenant aux pentes de ski, aux phares, aux segments de route isolés et aux collectivités et entreprises n'ayant pas accès au réseau de distribution d'électricité, ces systèmes constituent une solution pratique et abordable aux problèmes d'éclairage dans les endroits isolés.



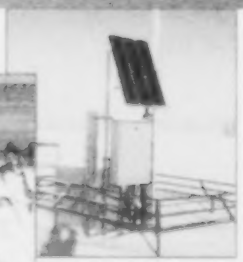
▲ *Un petit module PV sert à alimenter une balise de piste le soir à Mont-Tremblant (Québec). Photo gracieuseté de TN Conseil inc.*

▲ *Installation d'aquaculture alimentée par un système PV sur une île de la côte ouest canadienne.*

Premières applications commerciales de l'énergie photovoltaïque

▲ *La Garde côtière canadienne utilise depuis plusieurs années déjà des bouées lumineuses le long de la côte.*

▲ *En raison de l'éloignement des répéteurs, les télécommunications comptent parmi les premières applications de l'énergie photovoltaïque – c'est encore à ce jour l'une des plus courantes. Photo gracieuseté de Northwest Inc.*



▲ *Les petits systèmes PV répondent facilement aux besoins limités des systèmes de contrôle à distance (comme aux têtes de puits de gaz).*

4. Achat d'un système photovoltaïque

Se préparer

Avant de communiquer avec un distributeur, vous devriez évaluer vos besoins énergétiques, votre budget et le genre de système photovoltaïque qui y conviendrait.

Posez-vous d'abord les questions suivantes. Soyez prêt à fournir les renseignements suivants avec le plus de précision et d'exactitude possible :

- De quelle application s'agit-il?
- Quels appareils doivent être alimentés?
- Mes appareils sont-ils aussi efficaces que possible?
- Quelle puissance (en watts) et/ou quantité d'énergie (en wattheures par jour) est nécessaire?
- Quel est le mode d'utilisation de l'énergie (heures par jour, jours par semaine, usage saisonnier)?
- Ai-je besoin d'accumulateurs?
- Est-ce que je cherche un système autonome, hybride ou connecté à un réseau?
- Serait-il préférable d'installer d'abord un petit système auquel j'ajouterai d'autres modules par la suite?

La première étape à suivre dans la conception d'un système photovoltaïque ou l'évaluation des coûts consiste à calculer la charge, c'est-à-dire à décider des appareils qui seront alimentés. La section 6, « Estimation des besoins » (page 24), a pour but de vous aider à évaluer les options qui s'offrent à vous. Une fiche de dimensionnement est fournie à l'annexe A afin de vous aider à choisir un système qui vous conviendra; cette fiche est conçue pour vous guider dans l'estimation de vos besoins en matière de puissance électrique, de dimension du champ de modules et de capacité de stockage.

Bien sûr, cet exercice n'est pas obligatoire. Toutefois, vous devriez au moins dresser une liste des appareils ménagers et autre équipement électrique que vous comptez alimenter au moyen du système et faire l'estimation de leur temps d'utilisation (voir la première étape de la fiche de dimensionnement). Plus la liste sera détaillée et précise, plus le distributeur ou vous-même arriverez facilement à dimensionner le système photovoltaïque.

Où trouver des systèmes

Mis à part certains produits de consommation particuliers ou des soldes spéciaux, les systèmes photovoltaïques commencent à peine à être disponibles à grande échelle dans les quincailleries ou dans les grands magasins à rayons. Les concessionnaires de véhicules de plaisance et d'embarcations ou les distributeurs de clôtures électriques offrent parfois des applications PV qui s'adaptent aux produits qu'ils vendent. Cependant, dans la majorité des cas où il existe des besoins particuliers, vous devrez vous référer à un distributeur de produits photovoltaïques. En règle générale, vous y trouverez l'avantage d'un meilleur service puisque ces distributeurs connaissent bien la technologie et peuvent vous aider à choisir, à dimensionner et à concevoir le système qui convient le mieux à vos besoins. Il y a bon nombre de ces distributeurs et fournisseurs au Canada, et ce secteur est en pleine expansion. Certaines entreprises se spécialisent dans un type d'applications en particulier, comme les communications, les générateurs PV de résidences, les produits de consommation, le secteur agricole et les systèmes de conception unique.

Pour trouver un distributeur ou un fournisseur, communiquez avec l'Association des industries solaires du Canada ou avec Ressources naturelles Canada (consultez la section « Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire » à la page 46 ou cherchez dans les Pages Jaunes[MD]). Vous pouvez également demander d'entrer en contact avec un client satisfait.

Choisir un distributeur

Les systèmes photovoltaïques doivent être conçus en vue de la meilleure efficacité au meilleur coût. Vous seriez avisé de consulter un professionnel dès l'étape de la conception. La plupart des distributeurs offrent les services de conception et de consultation en plus de vendre des modules et les autres composantes d'installation, tels les accumulateurs et les onduleurs. Certaines entreprises se spécialisent dans les systèmes industriels tandis que d'autres sont davantage axées sur les systèmes résidentiels et commerciaux. Assurez-vous de choisir un distributeur qui a fait ses preuves dans la conception et l'installation du type de système qui vous intéresse. Demandez de voir certains des systèmes installés ou communiquez avec quelqu'un qui a acheté un système semblable à celui que vous envisagez d'acquérir.

Le distributeur compétent s'informera de votre consommation d'électricité, de votre mode de vie et de vos besoins avant de concevoir un système à votre mesure. Si vous ne pouvez vous permettre autant de modules photovoltaïques que vous aimeriez pour l'instant, mais que vous avez l'intention de compléter votre système plus tard, informez-en le concepteur.

Le distributeur devrait vous offrir une garantie pour les pièces et la main-d'œuvre. Aujourd'hui, les modules s'assortissent d'une garantie qui les couvre parfois jusqu'à 25 ans, selon le genre de produit et les politiques du fabricant, bien que la plupart des modules fonctionneront de façon fiable pendant plus longtemps. Vérifiez bien quelles garanties le distributeur offre sur les autres pièces (électriques et mécaniques) et sur la main-d'œuvre. Renseignez-vous également sur le service après-vente qu'il offre. En règle générale, il faut prendre le même genre de précautions à l'achat d'un système PV qu'à celui d'un appareil ménager.

Voici une liste de points à considérer au moment d'évaluer les produits et services d'un distributeur. Servez-vous de cette liste pour choisir votre distributeur.

- Expérience antérieure en conception et en installation
- Connaissance de l'efficacité énergétique
- Domaine d'expertise
- Qualité du produit
- Garantie du produit
- Service d'installation
- Service après-vente
- Prix

Prendre une décision

Bien entendu, le coût est toujours un facteur important au moment de choisir un produit. Le prix et la rentabilité d'un système photovoltaïque dépendent dans une grande mesure de l'endroit où il sera installé. En règle générale, les sources d'énergie classiques coûtent habituellement moins cher à l'achat, mais sont d'une exploitation et d'un entretien plus dispendieux, alors que les systèmes PV exigent un investissement initial plus important, mais supposent peu de frais d'exploitation et d'entretien. Pour déterminer la rentabilité d'un système photovoltaïque, vous devez donc en peser le coût global comparativement à celui des autres options possibles, en tenant compte de l'investissement, du coût du combustible et des frais d'exploitation et d'entretien pour la durée de vie utile entière de chacune des options.

Par ailleurs, le système photovoltaïque constitue souvent une option attrayante, sur le plan financier, pour l'entreprise qui n'a pas accès à un réseau de distribution d'électricité et qui doit assumer des frais de main-d'œuvre et d'entretien. Dans le cas du particulier, qui ne tient habituellement pas compte du temps qu'il met à ravitailler et à entretenir un groupe électrogène, le coût initial du système photovoltaïque peut sembler élevé. Toutefois, ses autres avantages – plus particulièrement, sa fiabilité et son fonctionnement propre et silencieux – font plus que compenser ces frais aux yeux de bien des propriétaires. En été surtout, ces gens apprécient pouvoir sentir et écouter une nature inaltérée par leur système de production d'électricité.

Le coût du système photovoltaïque dépend des éléments qui le composent. Un système autonome simple qui alimente les quelques lampes, la pompe à eau et les récepteurs radio d'un chalet, par exemple (puissance PV de 40 à 100 W) peut coûter de 700 $ à 2 000 $. Le système hybride plus important qui électrifie une habitation ou un établissement de

villégiature à longueur d'année (puissance de 200 à 1 500 W) peut coûter de 5 000 $ à 30 000 $.

Au moment de peser les coûts et avantages des systèmes photovoltaïques, il importe de se rappeler que leur prix diminue constamment. L'industrie du photovoltaïque est en pleine évolution, tout comme celle de l'informatique. Le perfectionnement des cellules, des accumulateurs et des autres composants des systèmes, et les améliorations sur le plan de la conception des systèmes, se traduisent par une baisse de prix.

L'une des caractéristiques les plus attrayantes de ces systèmes repose sur le fait qu'ils sont modulaires. Les éléments PV d'un système hybride peuvent être dimensionnés à la mesure de votre budget; vous pouvez ajouter des panneaux après l'achat initial, à mesure que les prix baissent ou que vos économies s'accumulent, pour réduire davantage l'emploi du groupe électrogène d'appoint. Si vous n'avez pas déjà un groupe électrogène et envisagez d'aménager un système autonome pour alimenter votre chalet ou votre voilier, vous pouvez toujours installer un « minisystème », qui fera fonctionner quelques appareils essentiels, et l'améliorer par la suite à mesure que vous en aurez les moyens. Les systèmes photovoltaïques font de très bons placements, car ils durent longtemps (plus de 25 ans). Soit dit en passant, le prix des panneaux usagés est presque le même que celui des panneaux neufs, puisqu'ils demeurent en parfait état durant des années.

Le formulaire suivant vous aidera à comparer les avantages et les inconvénients d'un système photovoltaïque autonome ou hybride à ceux des groupes électrogènes classiques au diesel, à l'essence ou au propane.

Critères de sélection du système

Critères	**Option A : Système photovoltaïque autonome**	**Option B : Système photovoltaïque hybride**	**Option C : Système classique** (génératrices au diesel, à l'essence ou au propane)
Coûts d'investissement			
Frais d'exploitation			
Frais d'entretien			
Autres facteurs (bruit, pollution, fiabilité, possibilité d'expansion, exigences de ravitaillement, temps, etc.)			

L'un des principaux avantages des systèmes photovoltaïques tient à la simplicité relative de leur installation et de leur entretien. Les fabricants et les distributeurs aident habituellement leurs clients à mettre en place et à entretenir les systèmes complexes ou de grande dimension.

Installation

Le fournisseur devrait vous remettre tous les documents relatifs au système au moment de l'achat. Lisez attentivement toutes les recommandations du fabricant. Comme pour tout système électrique, la sécurité est une considération de première importance. Vous devez veiller à obtenir les permis de construction et d'installation électrique prescrits et faire en sorte que l'installation soit conforme aux codes de construction et d'électricité. L'installation devrait être confiée à des personnes qualifiées. Si le système doit être connecté à un réseau de distribution, le service de distribution aura un rôle à jouer.

Le câblage doit être installé correctement pour éviter les risques de danger tels les chocs et les incendies. Une attention particulière doit être accordée au type et au calibre des fils employés; à titre d'exemple, les fils connectés aux modules doivent être conçus pour être utilisés à l'extérieur et pouvoir supporter le courant maximal prévu. Il faut des fils plus gros pour les systèmes à basse tension (12 V comparés à 120 V) afin d'éviter la surchauffe et les pertes de tension le long des fils. Consultez un concepteur ou un installateur professionnel pour choisir le câblage adéquat. Vous aurez également recours à un installateur professionnel pour s'assurer :

- que les fusibles protègent bien le système en cas de courts-circuits du câblage ou des appareils approvisionnés;
- que le système est bien mis à terre et protégé contre la foudre;
- que des interrupteurs sont installés entre les composantes du système qui doivent être isolées à un moment ou un autre.

Montage des modules

Les modules photovoltaïques sont conçus pour être placés à l'extérieur, sans protection, de sorte qu'il suffit de leur fournir un support rigide qui résistera à toutes les conditions météorologiques. Beaucoup de fabricants vendent des bâtis destinés à porter les modules qu'ils produisent mais vous pouvez, si vous le préférez, construire le vôtre.

Les facteurs à prendre en considération, au moment de monter les champs de modules, sont l'orientation des panneaux, les exigences de sécurité, la solidité du bâti et les prescriptions des codes en vigueur localement. Les modules devraient être montés de façon à pouvoir bénéficier d'un ensoleillement maximum. Dans l'hémisphère nord, il devrait faire face autant que possible au sud vrai (ou « sud géographique »), quoiqu'un écart de 15 degrés à l'est ou à l'ouest ne diminue pas sensiblement le rendement du système. Les très grands champs peuvent être montés de

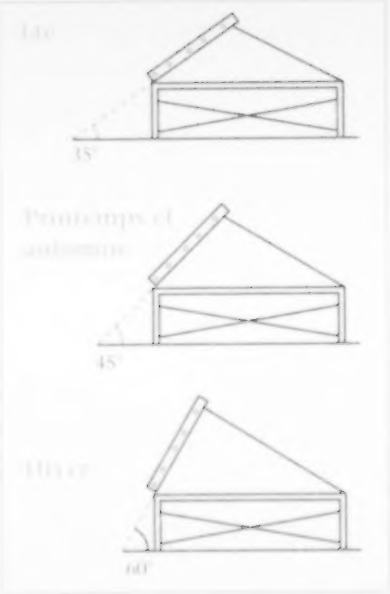


Schéma montrant les angles d'inclinaison proposés des modules PV en été, au printemps, à l'automne et en hiver.

façon à suivre la course du soleil, par un dispositif automatique ou activé manuellement (consultez la section « Information technique sur les composants du système » à la page 35). Dans la plupart des cas, l'installation est fixée à un angle donné (à angle droit avec le soleil du midi) ou réglée chaque saison en fonction de l'inclinaison du soleil.

Placez les modules dans un endroit exposé au soleil toute la journée, car une ombre peut causer une baisse de la puissance de sortie de plus de 80 p. 100. Vérifiez auprès de vos voisins s'ils comptent planter des arbres ou construire un bâtiment à proximité de votre propriété. Les servitudes et les clauses restrictives (définies dans le lexique à la page 44) sont deux moyens légaux qui peuvent vous donner certaines garanties d'accès au

rayonnement solaire. Il peut donc valoir la peine d'obtenir ce genre de garantie écrite si vous croyez qu'il pourrait y avoir problème.

Selon les particularités du site et de surface totale des modules photovoltaïques, vous pouvez monter ceux-ci sur le toit, sur un poteau ou au sol. Comme la grande surface d'une batterie de modules offre en général beaucoup de résistance au vent, son support doit être conçu

Il faut s'assurer que les modules ne sont pas cachés des rayons solaires par des arbres ou d'autres obstacles.

en conséquence. Pour la même raison, les modules ancrés au sol doivent reposer sur des fondations solides. Dans le cas d'une petite installation, les fondations peuvent consister en des poteaux enfoncés dans le sol pour ancrer le bâti qui supporte les modules, qui peut être fait de bois ou de métal. La batterie de modules est montée de façon à ce que son bord inférieur se trouve au-dessus de la hauteur de neige maximale probable. Il faut également s'assurer qu'il n'y a pas de rebord à sa partie inférieure, afin que rien ne retienne la neige.

Un petit champ (de 1 à 12 modules) peut être monté sur des poteaux, pour être bien orienté et dégagé des sources possibles d'ombre, comme les immeubles ou les arbres. Cette façon de faire permet aussi d'éviter les accumulations de neige sur les modules, qui réduisent l'exposition au soleil.

Dans le cas d'une maison ou d'un chalet, l'installation des modules sur le toit peut s'avérer une option intéressante, surtout si le bâtiment est toujours en construction. Les modules doivent être légèrement dégagés du toit et inclinés à l'angle optimal. Comme ils fonctionnent mieux à température plus fraîche, une libre circulation d'air autour d'eux améliorera leur rendement. Le dégagement empêchera aussi l'accumulation d'humidité et de débris qui pourrait faire pourrir les matériaux de toiture et se détériorer les connexions électriques. Si le bâtiment a une cheminée, assurez-vous que les modules sont disposés de façon à ne pas être ombragés par la fumée.

À moins que l'ombre ne pose problème, vous devriez placer les modules le plus près possible de la batterie d'accumulateurs (ou de la charge alimentée s'il n'y a pas d'accumulateurs) afin de raccourcir le plus possible les fils et de diminuer les pertes lors du transport d'électricité.

Batterie de modules PV au sol et sur le toit.

Le sud magnétique correspond-il au sud vrai?

Si vous vous servez d'une boussole pour orienter des modules photovoltaïques, vous disposerez ceux-ci en fonction du sud magnétique plutôt que du sud vrai (sud géographique). Or, mieux vaut les orienter vers le sud vrai. Dans certaines régions du Canada, l'écart entre le sud vrai et le sud magnétique est suffisamment important pour nuire au rendement d'un système. Si l'installation ne suit pas la course du soleil et que vous n'êtes pas sûr de bien comprendre l'écart entre le sud vrai et le sud magnétique dans votre région, demandez l'aide d'un distributeur ou d'un installateur expérimenté.

Abri des accumulateurs

Les accumulateurs peuvent être placés à l'intérieur ou à l'extérieur, mais l'emplacement choisi doit respecter les exigences pertinentes du Code canadien de l'électricité. Le lieu choisi doit aussi être tempéré; la température idéale est de 25 °C, en dessous de laquelle la capacité des accumulateurs diminue. Donc, si vous placez les accumulateurs dans un endroit non chauffé, vous devez l'isoler adéquatement et vous aurez besoin d'accumulateurs de plus grande capacité pour compenser les pertes dues à la température plus basse. N'oubliez pas d'informer le distributeur de vos intentions à cet égard.

Il faut avoir accès aux accumulateurs et aux autres éléments du système pour en assurer l'entretien et en faire l'inspection, mais la sécurité est aussi un facteur important. Les accumulateurs peuvent laisser émaner du gaz hydrogène pendant leur chargement et ils peuvent aussi donner des chocs. L'endroit où ils sont logés doit donc être bien aéré, par une bouche d'air donnant sur l'extérieur, et gardé sous clé.

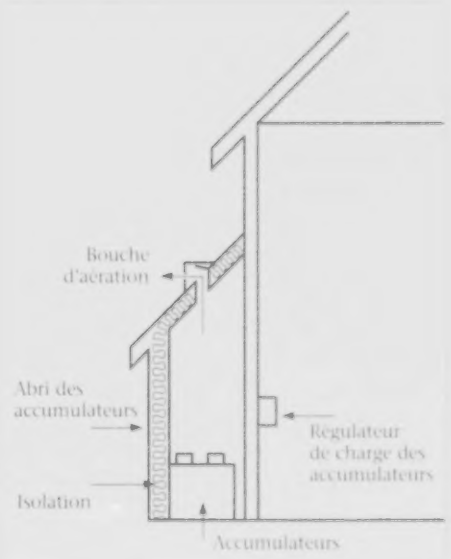
Les composants électriques susceptibles de faire des étincelles devraient être gardés dans un lieu distinct. Par ailleurs, il ne faut jamais mettre les accumulateurs à proximité d'une source de chaleur ou d'une flamme nue ou d'étincelles. Enfin, prenez soin de bien lire les recommandations et les avertissements du fabricant concernant la façon d'employer et de manipuler les accumulateurs en toute sécurité.

À l'intérieur

Lorsque les accumulateurs sont situés dans une structure habitée, il faut s'assurer que l'endroit où ils sont gardés est muni d'une bouche d'aération donnant sur l'extérieur. Dans le cas d'un petit système de chalet (comportant deux accumulateurs de 12 V c.c., par exemple), cette bouche d'aération doit avoir au moins 2,5 cm (1 po) de diamètre. Il faut mettre les accumulateurs dans des bacs de conception spéciale (avec ventilation donnant sur l'extérieur). En ce qui concerne les chalets d'été, gardez les accumulateurs complètement chargés pour éviter le gel hors saison.

À l'extérieur

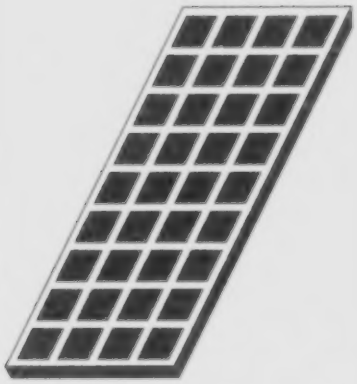
Lorsque les accumulateurs sont gardés à l'extérieur, on devrait les placer dans un coffre ou un abri quelconque. Dans les endroits où il fait très froid, on peut les placer dans un contenant qu'on enfouit pour mieux les protéger des écarts de température. Peu importe le lieu, il faut toujours bien les protéger contre les éléments et s'assurer d'une ventilation adéquate donnant sur l'extérieur.



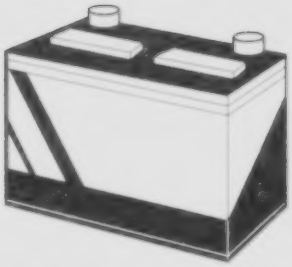
Accumulateurs gardés dans un abri.

Entretien

Un grand avantage des systèmes photovoltaïques est qu'ils exigent peu d'entretien. Les modules sont très durables et fiables et demandent peu d'attention. Les points suivants résument les mesures d'entretien principales nécessaires. Vous pouvez également demander à votre distributeur de vous fournir un calendrier d'entretien adapté au système et à son emplacement.

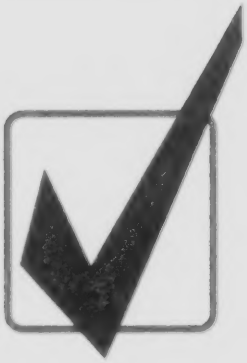


À moins que vous n'habitiez un endroit où il y a énormément de poussière ou beaucoup de verglas, il suffira d'une inspection occasionnelle du câblage et de l'apparence générale des panneaux. Si le support du système est réglable, vous pouvez profiter du moment où vous changez l'angle d'inclinaison des modules pour faire cette vérification. Lorsqu'ils sont inclinés à l'angle d'exploitation en hiver, la neige ne pose aucun problème, car les panneaux accusent une forte pente. S'ils s'empoussièrent, nettoyez-les avec un chiffon et de l'eau, en employant un savon doux au besoin. N'utilisez ni solvant ni détersif puissant.



L'entretien des accumulateurs varie selon le modèle employé. Il faut garder le niveau d'électrolyte à l'œil et vérifier régulièrement la densité de cette solution à l'aide d'un densimètre. Ajoutez de l'eau distillée au besoin et nettoyez et serrez les bornes. (Seule cette dernière opération est nécessaire dans le cas des accumulateurs sans entretien.) Vérifiez aussi s'il y a des fuites ou si les accumulateurs ont été endommagés. Suivez les directives d'entretien des accumulateurs et des régulateurs de charge concernant la charge d'égalisation annuelle qui aide à traiter l'encrassement de la plaque d'accumulateur causé par la corrosion.

L'entretien du groupe électrogène intégré à un système hybride est plus simple et plus facile que celui du même groupe servant à produire toute l'électricité consommée. Il faut vidanger l'huile aux intervalles recommandés, qui seront moins fréquents que dans le cas d'un groupe fonctionnant sans arrêt.



Prenez note du moment où vous faites les travaux d'entretien ou apportez des modifications à votre système (date et travaux). Vous saurez ainsi à quand remontent les derniers travaux d'entretien. Cela vous aidera à établir un diagnostic si un problème survient.

6. Estimation des besoins

La présente section vous aidera à mieux définir le système qui répondra à vos besoins en électricité, en vous aidant à évaluer ces besoins et à dimensionner le système que nécessite votre application (vous trouverez une fiche de dimensionnement à l'annexe A, page 40). Deux exemples illustrent la manière d'employer la fiche. Quand vous aurez rempli cette dernière, vous serez en mesure de discuter avec le distributeur des diverses options possibles.

Si vous travaillez à la conception de systèmes photovoltaïques, un guide plus détaillé traitant du dimensionnement et de la conception, intitulé *Manuel de conception de systèmes photovoltaïques*, est disponible auprès de Ressources naturelles Canada (voir la section « Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire » à la page 46).

1re étape : Estimation des besoins en électricité

Pour déterminer combien de puissance et d'énergie il vous faut, vous devez d'abord savoir quels appareils il faut alimenter, combien d'électricité chacun consomme (y compris pendant la mise en attente) et à quelle fréquence on les emploie. Dans le cas du système PV à fonction unique, telle l'alimentation d'une pompe à eau, le calcul est simple à faire. Par contre, si le système doit alimenter plusieurs appareils à votre domicile ou dans votre entreprise, vous devrez alors tracer le profil d'utilisation de tous les appareils qui y seront branchés.

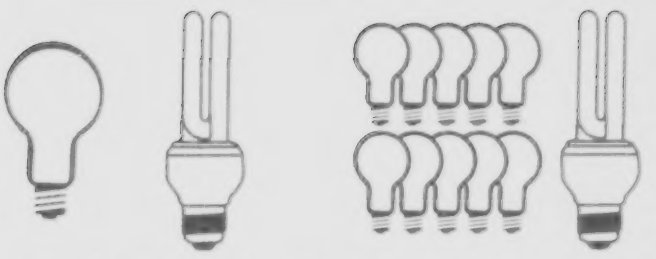
Plus vous avez besoin d'énergie, plus le système sera gros et coûteux, en particulier si vous songez à installer un système autonome. Par conséquent, il importe de réduire le plus possible votre demande, en employant des appareils écoénergétiques et en n'utilisant l'électricité que pour les appareils qui ne peuvent fonctionner autrement. Par exemple, ce n'est pas avantageux d'employer un système photovoltaïque pour alimenter une cuisinière ou un système de chauffage. Mieux vaut répondre à ces besoins à l'aide d'une source d'énergie mieux adaptée, comme le bois ou le propane. Un chauffe-eau solaire peut également répondre à vos besoins en eau chaude (communiquez avec Ressources naturelles Canada pour obtenir la brochure intitulée *Les chauffe-eau solaires : Guide de l'acheteur*[1].)

Éclairage à haut rendement

Vous devriez envisager de remplacer les ampoules à incandescence par des fluorescents compacts c.a. ou c.c., car ces derniers donnent quatre fois plus de lumière par watt d'électricité et durent dix fois plus longtemps. Pour obtenir plus de renseignements sur l'éclairage écoénergétique à l'extérieur, consultez un fournisseur spécialisé en appareils d'éclairage.

Pour estimer vos besoins en électricité, vous devez d'abord dresser la liste de tous les appareils à alimenter, en indiquant s'ils fonctionnent à courant alternatif ou continu ainsi que leur puissance nominale et leur utilisation quotidienne (en heures). (Voir la 1re étape de la fiche de dimensionnement à l'annexe A.)

Utilisez dans vos calculs, lorsque c'est possible, la puissance nominale indiquée sur l'étiquette de



Les fluorescents emploient un quart de l'énergie nécessaire aux ampoules à incandescence et durent dix fois plus longtemps.

[1] *Pour obtenir un exemplaire de la publication* Les chauffe-eau solaires : Guide de l'acheteur, *communiquez sans frais avec Ressources naturelles Canada au 1 800 387-2000 ou visitez le site Internet http://www.rncan.gc.ca.*

l'appareil ou de l'outil. Vous pouvez aussi inscrire la puissance nominale type des appareils ménagers et des dispositifs d'éclairage et de réfrigération courants donnés aux annexes B (p. 42) et C (p. 43).

Pour chaque appareil, multipliez ensuite la puissance nominale (valeur réelle ou estimée) par le nombre d'heures estimatif d'usage quotidien pour obtenir la consommation totale (en wattheures [Wh]) par jour. Si la consommation est déjà indiquée en Wh/j (ou en kilowattheures par année [kWh/an], comme l'indique l'étiquette EnerGuide), vous pouvez laisser tomber les colonnes « A » et « B » de la première étape de la fiche de dimensionnement et passer tout de suite à la colonne « C », où il faut inscrire les valeurs en Wh/j.

Étiquettes ÉnerGuide

Si vos appareils portent une étiquette EnerGuide, vous pouvez inscrire sur la fiche de dimensionnement la cote de consommation d'électricité (en kWh/an) qui y figure. Rappelez-vous toutefois que dans le cas des laveuses et des lave-vaisselle, la cote indiquée sur cette étiquette tient compte de l'électricité consommée pour chauffer l'eau nécessaire à ces appareils. Il ne s'agit donc pas d'une donnée très utile pour vous si, comme il est recommandé, votre chauffe-eau fonctionne à l'énergie solaire, au propane ou au bois plutôt qu'à l'électricité produite par votre système photovoltaïque.

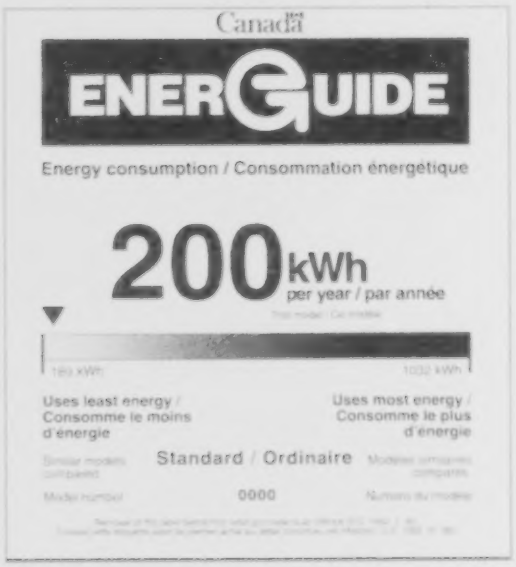
De plus, si vous vous servez des valeurs indiquées sur les étiquettes EnerGuide, vous devez convertir les kWh/an en Wh/j et ensuite inscrire la nouvelle valeur dans la colonne « C » de la fiche de l'annexe A. Pour faire la conversion, multipliez par 1 000 la valeur indiquée sur l'étiquette puis divisez-la par 365.

Enfin, faites le sous-total, puis rajustez la charge c.a. (en fonction des pertes dues à l'onduleur), en supposant un taux d'efficacité de conversion de 0,90, et inscrivez la valeur résultante en tant que « charge journalière totale », au bas au recto de la fiche de dimensionnement.

Les appareils plus petits et plus écoénergétiques exigeront moins d'énergie électrique. Certains distributeurs de systèmes PV vendent aussi des appareils ménagers et d'éclairage à haut rendement.

Rappelez-vous que les besoins en énergie ont un impact direct sur les paramètres suivants :

- la dimension des modules photovoltaïques requis pour alimenter l'application ou charger les accumulateurs;
- la capacité des accumulateurs requise pour répondre aux besoins sans recourir à un groupe électrogène durant la nuit ou les journées sombres;
- la quantité de combustible consommée par le groupe électrogène ou la dimension de l'éolienne.



▲ *Les étiquettes EnerGuide donnent la cote de consommation d'électricité (en kWh/an) des principaux électroménagers.*

Méfiez-vous des charges « invisibles »!

De plus en plus d'appareils électroniques consomment de l'électricité même lorsqu'ils ne sont pas utilisés, notamment les téléviseurs et les magnétoscopes qui sauvegardent la mémoire de programmation, affichent l'heure et maintiennent actif le récepteur de la télécommande. L'électricité nécessaire à la mise en attente peut sembler insignifiante, et on en fait rarement mention dans les guides d'utilisation. Cependant, elle peut représenter une quantité d'énergie substantielle puisque l'électricité est consommée 24 heures sur 24. À titre d'exemple, la mise en attente d'un téléviseur portatif télécommandé peut n'avoir qu'une puissance de 5 W, mais elle tire tout de même 120 Wh/j (5 W x 24 h), ce qui représente la même quantité d'énergie que l'utilisation de ce téléviseur (60 W) deux heures par jour (120 Wh/j)!

Puissance et taux de consommation

Les deux termes suivants sont utilisés pour caractériser la consommation d'électricité :

- la puissance ou « électricité instantanée requise »;
- « le taux de consommation sur une période donnée ».

Puissance

La puissance dont vous avez besoin constitue l'intensité instantanée d'électricité qui est nécessaire pour alimenter les appareils utilisés. Plus vous utilisez d'appareils au même moment, plus vous avez besoin de puissance. La puissance s'exprime en watts (W). Le watt est une unité SI pratique : il est le produit du courant, en ampères (A), et de la tension, en volts (V).

$$1\ W = 1\ A \times 1\ V$$

Cette formule toute simple indique, par exemple, qu'une lampe fluorescente compacte de 12 W requiert 1 A lorsqu'elle est connectée à une source d'alimentation de 12 V c.c. (volts en courant continu).

Taux de consommation

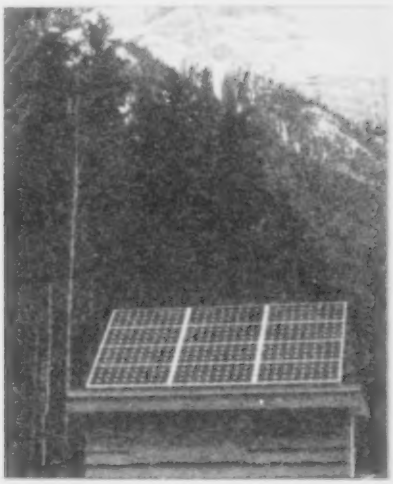
Le taux de consommation dépend non seulement de la puissance requise par les appareils, mais aussi de la durée et de la fréquence d'utilisation. Il s'exprime en wattheures (Wh) pour une période donnée (par jour, mois ou année). On le définit comme étant la puissance multipliée par le nombre d'heures durant lequel l'appareil est utilisé au cours de cette même période.

$$1\ Wh = 1\ W \times 1\ h$$

Par exemple, un séchoir à cheveux de 1 650 W utilisé durant 8 minutes consomme la même quantité d'énergie que 5 lampes économiques (11 W chacune) allumées durant 4 heures; c'est environ la quantité d'énergie produite par un module photovoltaïque de 50 W pendant une journée moyenne.

Séchoir :
1650 W x 8/60 = 220 Wh

Fluorescents :
5 x 11 W x 4 = 220 Wh



Le système PV autonome installé au parc national Yoho (Colombie-Britannique), alimente le projecteur de l'amphithéâtre et charge la batterie de la voiturette de golf dont se sert le personnel qui recueille les droits de camping. Photo gracieuseté de Sovran Energy Inc.

2e étape : Dimensionnement approximatif du système

2.1 Choisir entre un système autonome ou hybride

Les systèmes photovoltaïques non connectés au réseau peuvent être autonomes (avec ou sans accumulateurs), c'est-à-dire dépendant uniquement de l'énergie solaire, ou hybrides. Les systèmes hybrides allient la technologie PV à une ou plusieurs autres formes de production d'électricité et comprennent habituellement des accumulateurs. Au moment de choisir le genre de système dont vous avez besoin, vous devez tenir compte des facteurs suivants : demande totale, puissance maximale appelée, moments et périodes de l'année de la demande, fiabilité requise et accessibilité du système selon l'endroit où il sera installé.

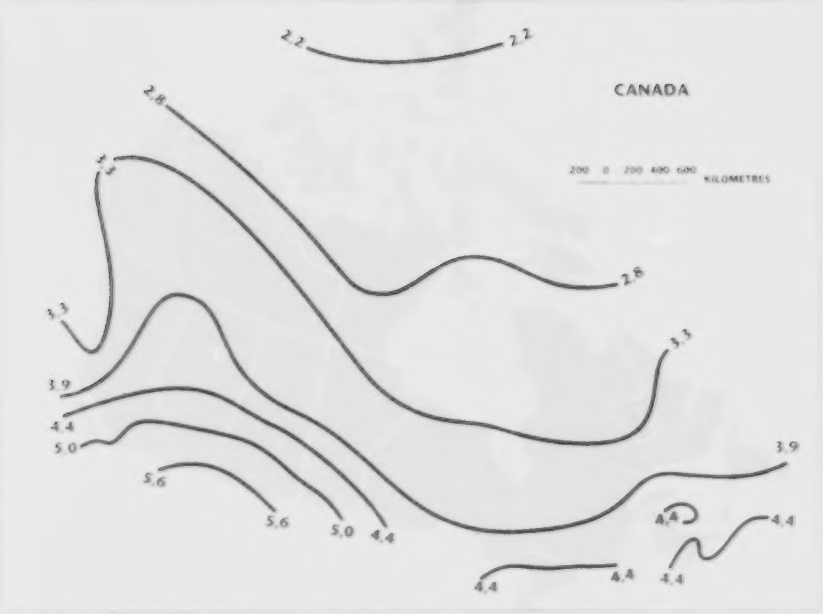
Système autonome

Comme son nom l'indique, le système autonome est complet et ne comporte aucune source d'énergie d'appoint. Il comprend généralement des accumulateurs. Dans certains cas, par exemple le pompage de l'eau (notamment pour irriguer les cultures) ou la ventilation d'une serre, on a besoin d'énergie électrique pendant les périodes ensoleillées seulement; le système autonome sans accumulateurs convient alors. Toutefois, la plupart du temps, la demande

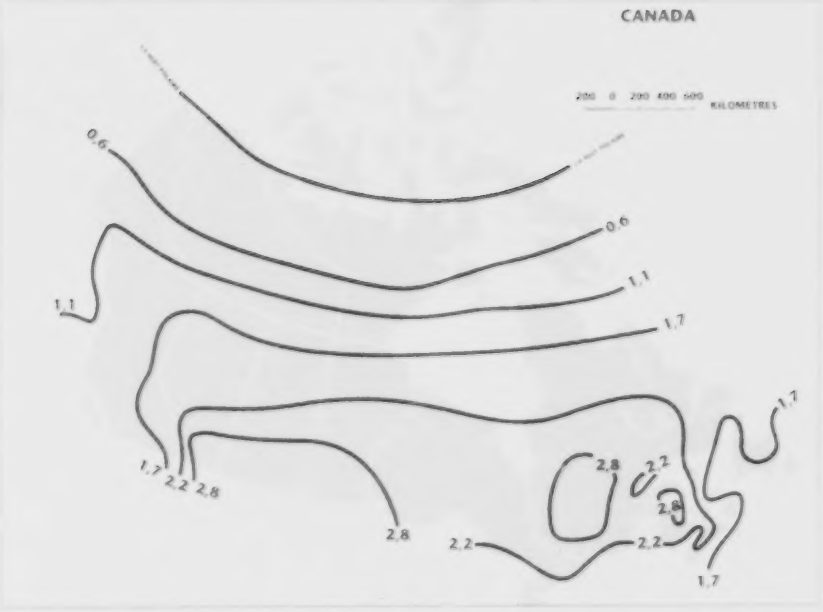
d'énergie est indépendante de l'ensoleillement, et le système doit alors comporter des accumulateurs.

Au Canada, il y a environ deux fois plus de soleil en été qu'en hiver. Pour s'assurer une provision d'énergie l'année durant à l'aide d'un système alimenté uniquement à l'énergie solaire, il faut donc installer un champ de modules photovoltaïques beaucoup plus gros (donc beaucoup plus coûteux) et l'assortir d'accumulateurs. Ces systèmes sont pratiques dans les endroits isolés, où il n'y a pas de personnel sur place et où il est difficile et coûteux d'aller faire des tournées d'inspection. Les immobilisations requises sont alors vite compensées par les économies réalisées au titre des frais d'entretien et du ravitaillement en combustible. On emploie par conséquent des systèmes autonomes avec accumulateurs pour l'électrisation des clôtures de pâturages, et pour les communications, le balisage, les dispositifs d'avertissement et les stations de surveillance ainsi que pour divers usages où la fiabilité et les exigences d'entretien sont des considérations de première importance.

Le système autonome peut aussi convenir dans le cas d'une résidence d'été, d'un voilier ou d'autres usages dont la période d'utilisation correspond à la période d'ensoleillement maximal. Si vous considérez l'électricité comme un luxe et estimez pouvoir supporter les rares instants où le système ne suffira pas à vos besoins, le système autonome peut s'avérer une solution satisfaisante à prix raisonnable. Toutefois, si vous tenez à être assuré d'un approvisionnement constant à



Nombre moyen d'heures d'ensoleillement maximal par jour en septembre (valeur à utiliser pour un système saisonnier). Source : Environnement Canada.



Nombre moyen d'heures d'ensoleillement maximal par jour en décembre (valeur à utiliser pour un système autonome fonctionnant l'année durant). Source : Environnement Canada.

longueur d'année et si vous avez facilement accès aux produits consommateurs d'énergie, ce serait sans doute plus avantageux d'installer un système hybride.

Système hybride

Le système hybride allie l'énergie photovoltaïque à celle d'autres sources. En règle générale, il comporte une éolienne ainsi qu'un groupe électrogène d'appoint au diesel, au propane ou à l'essence. Un tel système peut convenir dans le cas d'une résidence ou d'un immeuble commercial non connecté à un réseau de distribution. Si vous consommez plus de 2,5 kWh d'énergie par jour l'année durant et que vous avez déjà un groupe électrogène, ou si vous habitez une région où l'ensoleillement est limité pendant de longues périodes, le système hybride constitue probablement un bon choix.

La plupart des systèmes hybrides comportent une batterie d'accumulateurs dont provient la charge de consommation. Les modules maintiennent la charge des accumulateurs tant qu'il y a assez de soleil. Si on assortit une éolienne au système, celle-ci recharge les accumulateurs pendant les périodes venteuses, qui surviennent souvent lorsque le ciel est couvert ou durant la nuit. Par conséquent, les éléments éoliens et solaires se complètent avantageusement. Le groupe électrogène n'est mis en marche qu'à l'occasion pour charger les accumulateurs durant les périodes nuageuses, ou sans vent, prolongées et, quand il est en marche, il tourne à plein régime. Son rendement et son efficacité énergétique sont donc bien supérieurs; de plus, il nécessite alors moins d'entretien et il dure plus longtemps. Les systèmes qui comportent à la fois des composantes solaires et éoliennes suffisent souvent aux besoins, sans qu'un groupe électrogène ne soit nécessaire.

2.2. Estimation de l'ensoleillement maximal

Connaître les ressources solaires disponibles est essentiel à la conception d'un système photovoltaïque efficace et abordable. Les cartes de la page 27 indiquent la durée moyenne quotidienne de l'ensoleillement maximal des modules orientés vers le sud, dans différentes régions du Canada, en septembre et en décembre. Les valeurs indiquées supposent que les modules sont inclinés à angle droit des rayons solaires à midi. Vous pouvez aussi obtenir des renseignements sur la température et le rayonnement solaire de diverses régions en consultant les Services d'environnement atmosphérique d'Environnement Canada ou à l'aide du logiciel RETScreen® International (voir la section « Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire » à la page 46). Choisissez une valeur correspondant à votre région sur la carte du mois de septembre ou de décembre et l'inscrire sur la fiche de dimensionnement (annexe A, page 46) à la 2e étape.

Septembre est le mois d'été au cours duquel la période d'ensoleillement maximal est la plus courte, et décembre est le mois de l'année qui compte la plus courte période d'ensoleillement maximal. Pour estimer l'ensoleillement auquel serait exposé un système saisonnier (estival), servez-vous des valeurs indiquées sur la carte de septembre. Pour estimer l'ensoleillement auquel serait exposé un système utilisé l'année durant, servez-vous des valeurs indiquées sur la carte de décembre.

Dans le cas d'un système hybride PV-diesel, vous pouvez utiliser la valeur de décembre ou faire une moyenne des valeurs de septembre et de décembre. C'est cette dernière méthode qui a été utilisée dans l'étude de cas à la page 33.

Un camp isolé appartenant à Parcs Canada, situé dans le Grand Nord sur l'île d'Ellesmere (Nunavut), est alimenté par des modules PV (montés sur un dispositif de poursuite solaire) assortis à une éolienne et à un groupe électrogène à l'essence.

Note technique : Unités utilisées pour décrire les systèmes photovoltaïques et certaines estimations générales

Ensoleillement maximal : 1 000 W/m^2 de densité énergétique (environ l'intensité du rayonnement solaire à midi par une journée ensoleillée)

1 h d'ensoleillement maximal : 1 000 Wh/m^2, l'équivalent de 1 000 W/m^2 durant une heure (2 h à 500 W/m^2, ou 1 h à 600 W/m^2 plus 2 h à 200 W/m^2)

Module PV de 100 W : Puissance d'un module capable de produire 100 W d'électricité à 25 °C et exposé à l'ensoleillement maximal (1 000 W/m^2)

Module de 100 W exposé à 1 h d'ensoleillement maximal = 100 Wh

Règle de base : Le rayonnement annuel au Canada est typiquement de 1 500 h d'ensoleillement maximal (entre 1 100 et 1 700 h).
Alors, 1 module de 100 W = potentiel de 150 kWh/an.

En raison des pertes de tension et de l'efficacité imparfaite du systèmes, la production d'énergie photovoltaïque est souvent évaluée comme suit :

Module de 100 W installé = 100 kWh/an

2.3 Estimation de la puissance de modules requise

L'étape suivante consiste à dimensionner le champ de modules. Il faut prendre en considération dans ces calculs les pertes énergétiques occasionnées par le chargement des accumulateurs (efficacité de 75 à 90 p. 100) ainsi que l'efficacité du régulateur de charge (de 80 à 90 p. 100), particulièrement si le contrôleur ne comporte pas d'optimiseur de puissance fournie (voir le lexique à la page 44). Habituellement, on dote d'un optimiseur uniquement les systèmes de taille moyenne ou grande pour lesquels les avantages liés aux gains d'énergie sont plus grands que le coût engagé. Des pertes supplémentaires peuvent parfois être attribuées à l'accumulation de poussière et de neige sur les modules, mais elles sont relativement faibles.

Une fois que vous avez déterminé la puissance nécessaire (en watts), divisez cette valeur par la puissance nominale du genre de modules que vous comptez employer (généralement de 20 W à 100 W) pour obtenir le nombre de modules requis.

Puissance, tension et courant nominaux de modules photovoltaïques types

Modèle	Puissance nominale (W)	Tension nominale (V)	Courant nominal (A)
Kyocera KC 120	120	16,9	7,1
Siemens SM100	100	17,0 ou 34,0	5,9 ou 2,95
Solarex SX-85	85	17,1	4,97
BP Solar BP-275	75	17	4,45
CANROM-65	65	16,5	4,2
Photowatt PWX500	50	17	2,8
UNI-SOLAR® US-21	21	21	1,27

Remarque : Les modèles ci-dessus sont des exemples de ce qu'on trouve sur le marché. Chaque fabricant vend une gamme complète de modules de dimension et de puissance nominale différentes. La présente liste ne constitue pas un signe d'approbation de ces produits.

2.4 Estimation de la capacité de stockage requise

La capacité des accumulateurs dont vous aurez besoin dépendra de vos exigences en ce qui concerne l'approvisionnement ininterrompu et du montant que vous êtes disposé à payer pour avoir ce privilège. Si le système doit alimenter un chalet où vous passez seulement vos fins de semaine, les pannes de courant occasionnelles engendrées par une longue période sans soleil peuvent ne pas vous inquiéter. D'un autre côté, il se peut aussi qu'une alimentation ininterrompue soit nécessaire.

Dans la plupart des cas, il est judicieux de prévoir une capacité de stockage suffisante pour s'assurer d'avoir de l'électricité pendant trois à cinq jours consécutifs sans soleil.

(Dans les systèmes hybrides, les accumulateurs offrent habituellement une réserve de un ou deux jours uniquement.) Il ne faut pas décharger les accumulateurs complètement, puisque cela réduit leur vie utile. Par conséquent, la capacité disponible sera inférieure à la valeur nominale indiquée sur la plaque signalétique. Le « facteur de décharge maximale » est déjà intégré à l'équation de la fiche de dimensionnement (annexe A, 2e étape, page 41). Vous vous assurerez ainsi que la charge des accumulateurs ne descendra jamais au-dessous de 50 p. 100 de leur capacité. Le facteur de décharge maximale dépend du genre d'accumulateur que vous choisissez. Demandez conseil à votre distributeur.

Vous pouvez vous servir de la fiche reproduite en annexe pour dimensionner un système photovoltaïque non connecté au réseau. Après avoir estimé la puissance du champ de modules et la capacité de stockage dont vous avez besoin, vous serez en mesure de communiquer avec un distributeur. Comparez les prix et décidez de ce qui convient le mieux à votre situation particulière.

Note technique : Capacité nominale des accumulateurs

Vu qu'on peut décrire les watts en termes de voltampères (V × A ou VA), la quantité d'énergie peut être exprimée en ampèreheures (A × h ou Ah) à une tension donnée. On utilise souvent ces unités dans l'industrie pour indiquer la capacité des accumulateurs. Par exemple, pour décrire un accumulateur d'une capacité de 960 Wh, on parle généralement en termes de 12 V et de 80 Ah (12 V × 80 Ah = 960 Wh).

$$Wh = V \times Ah$$

7. Exemples de calculs de dimensionnement

L'exposé qui suit présente deux cas hypothétiques illustrant comment employer la fiche de dimensionnement. Les Nguyen songent à employer l'énergie photovoltaïque pour électrifier un chalet dans un endroit reculé. Les Tremblay, quant à eux, désirent équiper leur maison et leur entreprise d'une source fiable d'électricité à longueur d'année. L'une et l'autre famille s'intéressent aux énergies renouvelables et veulent savoir si un système PV leur conviendrait.

1er exemple : Système de chalet d'été – La famille Nguyen

Les Nguyen possèdent un petit chalet où ils passent la plupart des fins de semaine et des congés en été. Ils y vont aussi une fin de semaine de temps à autre en hiver. Le chalet n'a ni électricité ni eau courante et il est loin du réseau de distribution électrique. Après s'être éclairés à l'aide de lampes à l'huile et avoir transporté l'eau pendant quelques années, les Nguyen aimeraient maintenant profiter des avantages de l'électricité. Toutefois, ils veulent aussi échapper au bruit et à la pollution de la ville et préféreraient donc une source d'énergie silencieuse et propre. Les systèmes photovoltaïques leur semblent particulièrement intéressants en raison de leur durabilité relative et du peu d'entretien qu'ils exigent.

La considération principale des Nguyen est de garder leurs frais au minimum et ils sont donc prêts à en perdre un peu sur le plan de la disponibilité d'électricité. Après tout, ils se sont passés d'électricité jusqu'à maintenant, et ce n'est pas une panne de temps à autre qui va les déranger. Leur réfrigérateur est alimenté au propane et ils sont prêts à employer des lampes fluorescentes et à s'accommoder d'un minimum d'appareils pour ne pas gonfler leur demande d'électricité. Dans ce cas, le petit système autonome semble tout indiqué.

En faisant des calculs à l'aide de la fiche de dimensionnement, les Nguyen constatent qu'ils pourraient satisfaire à leurs besoins, à prix abordable, en aménageant un système de 120 watts et d'environ 211 ampèreheures.

Fiche de dimensionnement : Les Nguyen (chalet d'été)

1re étape : Estimation des besoins en électricité (en Wh/j)

Appareil ou charge	c.a. ou c.c. (cochez une case) c.a.	c.c.	(A) Puissance nominale (réelle ou estimée) (W)	(B) Heures d'utilisation par jour	(C) Taux de consommation (Wh/j) (A) × (B) c.a.	c.c.
Lampes – cuisine (2)		✓ (12 V)	15	1 h (x 2) = 2		30
Lampes – chambre (2)		✓ (12 V)	15	1 h (x 2) = 2		30
Lampes – séjour (2)		✓ (12 V)	15	4 h (x 2) = 8		120
Pompe à eau		✓ (12 V)	90	1 h		90
Chaîne stéréo d'auto		✓ (12 V)	6	4 h		24
Télé (noir et blanc)		✓ (12 V)	20	3 h		60
Sous-total :					c.a. : S/O Wh/j	c.c. : 354 Wh/j

L'efficacité de l'onduleur ($Eff_{cc\ ca}$) se situe entre 80 et 95 p. 100 (0,80 et 0,95). Pour vous aider à effectuer les calculs préliminaires, on a indiqué (en italiques) 0,90. Rajustez cette valeur au besoin, lorsque vous avez choisi le modèle d'onduleur et que vous avez pris connaissance des valeurs nominales précisées par le fabricant.

Les Nguyen n'ont pas besoin d'installer un onduleur parce que tous leurs appareils ont une puissance de 12 volts en courant continu (V c.c.). Ils pourront en ajouter un au besoin par la suite.

Rectifiez les charges c.a. pour tenir compte des pertes dues à l'onduleur : Charge c.a. $\frac{0}{Eff_{cc\ ca}}$ $\frac{0}{0,90}$ Wh/j : 0

Charge journalière totale : Charge c.c. + charge c.a. rectifiée = 354 Wh/j

Fiche de dimensionnement : Les Nguyen (chalet d'été)

2e étape : Dimensionnement approximatif du système photovoltaïque

2.1. Choix entre en système (non connecté) autonome ou hybride

Le chalet sera équipé d'un système autonome.

✓ Autonome

- utilisation saisonnière (principalement en été)
- utilisation à longueur d'année avec une faible demande d'énergie (< 1 kWh/j) ou ou une certaine tolérance aux interruptions de courant
- accès au lieu limité ou coûteux
- le facteur de l'entretien est important

Hybride

- utilisation à longueur d'année et demande d'énergie > 2,5 kWh/j
  ou
  lieu nordique (latitude)
- groupe électrogène déjà en place
- très faible tolérance aux interruptions

2.2. Estimation de l'ensoleillement maximal (en h/j)

Ensoleillement maximal : 3,9 h/j (Consultez les cartes à la page 27 ou lire « Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire » à la page 46.)

2.3. Estimation de la puissance requise (en W)

$$\text{Puissance du champ de modules (en W)} = \frac{\text{Charge journalière totale (Wh/j)}}{\text{Heures d'ensoleillement maximal} \times 0{,}77^{*}}$$

$$= \frac{354 \text{ Wh/j}}{3{,}9 \text{ h/j} \times 0{,}77}$$

$$= 118 \text{ W}^{**}$$

* *Le facteur 0,77 suppose une efficacité du régulateur de charge des accumulateurs de 90 p. 100 et une efficacité des accumulateurs de 85 p. 100.*

** *Établi sur la base de la puissance de sortie nominale des modules photovoltaïques si un optimiseur de puissance fournie est utilisé (voir le lexique à la page 44). Si l'on n'utilise pas d'optimiseur, on doit tenir compte des pertes de puissance et ainsi augmenter la capacité nominale de 15 à 25 p. 100. Consultez le distributeur.*

2.4. Estimation de la capacité de stockage requise (en Ah)

Tension nominale des accumulateurs (V_{a-c}) : 12 V c.c.
(Typiquement de 12, 24 ou 48 V)

Nombre de jours de stockage nécessaires : (En règle générale, on prévoit 3 jours) 3 j

Capacité des accumulateurs (en Ah) :

$$\frac{\text{charge journalière totale (Wh/j)} \times \text{jours de stockage}}{\text{tension } (V_{a-c}) \times 0{,}42^{***}}$$

$$= \frac{354 \text{ Wh/j} \times 3 \text{ j}}{12 \text{ V} \times 0{,}42}$$

$$= 211 \text{ Ah à } 12 \text{ V}$$

*** *Le facteur 0,42 suppose une efficacité des accumulateurs de 85 p. 100 et une décharge maximale de 50 p. 100. Si les accumulateurs doivent fonctionner à des températures inférieures à 20 °C, leur capacité (en Ah) diminuera. Consultez alors le distributeur de systèmes photovoltaïques.*

2e exemple : Système d'une résidence éloignée occupée toute l'année – La famille Tremblay

Les Tremblay sont un jeune couple qui habite, depuis plusieurs années, près d'un petit lac, loin du réseau de distribution électrique. Ils exploitent une petite entreprise d'artisanat où ils font du tissage. Les Tremblay utilisent un groupe électrogène au propane pour électrifier leur maison et leur atelier, mais ils sont fatigués du bruit constant et de la pollution, de factures de combustible qui augmentent sans cesse et des travaux d'entretien fréquents. Leur consommation d'électricité est faible malgré les nombreux appareils qu'ils possèdent parce que le réfrigérateur et la cuisinière fonctionnent au propane. (Alimenter les gros appareils au propane diminue considérablement le coût d'aménagement d'un système photovoltaïque.)

Après avoir rempli la fiche de dimensionnement, les Tremblay constatent qu'un système autonome serait trop coûteux. Par ailleurs, ils pourraient ne se payer que quelques-uns des modules PV requis, mais ils croient qu'ils seront en mesure d'en ajouter d'autres

Fiche de dimensionnement : Les Tremblay (système résidentiel fonctionnant à longueur d'année)

1re étape Estimation des besoins en électricité (en Wh/j)

Appareil ou charge	c.a. ou c.c. (cochez une case) c.a.	c.c.	(A) Puissance nominale (réelle ou estimée) (W)	(B) Heures d'utilisation par jour	(C) Taux de consommation (Wh/j) (A) × (B) c.a.	c.c.
Lampes fluorescentes :						
cuisine (2)	✓		15	3 (x 2)	90	
séjour (2)	✓		15	5 (x 2)	150	
chambres à coucher (2)	✓		11	2 (x 2)	44	
sous-sol, salle de bain et hall d'entrée (4)	✓		15	1 (x 4)	60	
Congélateur (haut rendement)	✓				600	
Pompe à eau		✓ (12 V)	90	2		180
Lampes extérieures (2)	✓		15	8 (x 2)	240	
Laveuse (chargement frontal)	✓		160	1 (1 brassée)	160	
Ventilateur – système de	✓		250	4	1 000	
Lampes – atelier (4)	✓		15	7 (x 4)	420	
Radio (atelier)	✓		5	7	35	
Télécouleur (sans télécommande)		✓ (12 V)	60	3		180
Aspirateur	✓		800	0,25	200	
Charges intermittentes (cafetière, fer à repasser, petits outils, chauffe-moteur, etc.)	✓		1 000 (environ)	1	1 000	

Sous-total : c.a. : 3 999 Wh/j c.c. : 360 Wh/j

L'efficacité de l'onduleur ($Eff_{cc\ ca}$) se situe entre 80 et 95 p. 100 (0,80 et 0,95). Pour vous aider à effectuer les calculs préliminaires, on a indiqué (en italiques) 0,90. Rajustez cette valeur au besoin, lorsque vous avez choisi le modèle d'onduleur et que vous avez pris connaissance des valeurs nominales précisées par le fabricant.

Rectifiez les charges c.a. pour tenir compte des pertes dues à l'onduleur : Charge c.a. = $\frac{3\,999}{Eff_{cc\ ca}\ 0,90}$ Wh/j : 4 443

Charge journalière totale : Charge c.c. + charge c.a. rectifiée = 4 803 Wh/j

dans quelques années. Dans l'intervalle, il leur semble que la meilleure solution adaptée à leur budget actuel consiste à monter un système hybride en combinant des modules à leur groupe électrogène, ce qui leur semble un moyen de réduire les ennuis et les frais associés à l'emploi de ce dernier. Ils sont maintenant mieux placés pour discuter avec le distributeur du genre de système qu'ils cherchent.

Fiche de dimensionnement : Les Tremblay (système résidentiel fonctionnant à longueur d'année)

2e étape : Dimensionnement approximatif du système photovoltaïque

☐ Autonome

- utilisation saisonnière (principalement en été)
- utilisation à longueur d'année avec une faible demande d'énergie (< 1 kWh/j) ou une certaine tolérance aux interruptions de courant
- accès au lieu limité ou coûteux
- le facteur de l'entretien est important

✓ Hybride

- utilisation à longueur d'année et demande d'énergie > 2,5 kWh/j
  ou
  lieu nordique (latitude)
- groupe électrogène déjà en place
- très faible tolérance aux interruptions

2.1. Choix entre en système (non connecté) autonome ou hybride

La résidence sera équipée d'un système hybride non connecté au réseau.

2.2. Estimation de l'ensoleillement maximal (en h/j)

Ensoleillement maximal : 3,4 h/j (Consultez les cartes à la page 27 ou lire « Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire » à la page 46.)

2.3. Estimation de la puissance requise (en W)

$$\text{Puissance du champ de modules (en W)} = \frac{\text{Charge journalière totale (Wh/j)}}{\text{Heures d'ensoleillement maximal} \times 0{,}77^{*}}$$

$$= \frac{4\,803 \text{ Wh/j}}{3{,}4 \text{ h/j} \times 0{,}77}$$

$$= 1\,835 \text{ W}^{**}$$

** Le facteur 0,77 suppose une efficacité du régulateur de charge des accumulateurs de 90 p. 100 et une efficacité des accumulateurs de 85 p. 100.*

*** Établi sur la base de la puissance de sortie nominale des modules photovoltaïques si un optimiseur de puissance fournie est utilisé (voir le lexique à la page 44). Si l'on n'utilise pas d'optimiseur, on doit tenir compte des pertes de puissance et ainsi augmenter la capacité nominale de 15 à 25 p. 100. Consultez le distributeur.*

2.4. Estimation de la capacité de stockage requise (en Ah)

Tension nominale des accumulateurs (V_{acc}) : 24 V c.c. (Typiquement de 12, 24 ou 48 V)

Nombre de jours de stockage nécessaires : (En règle générale, on prévoit 2 jours pour un système hybride) 2 j

Capacité des accumulateurs (en Ah) :

$$\frac{\text{charge journalière totale (Wh/j)} \times \text{jours de stockage}}{\text{tension } (V_{acc}) \times 0{,}42^{***}}$$

$$= \frac{4\,803 \text{ Wh/j} \times 2 \text{ j}}{24 \text{ V} \times 0{,}42}$$

$$= 953 \text{ Ah à } 24 \text{ V}$$

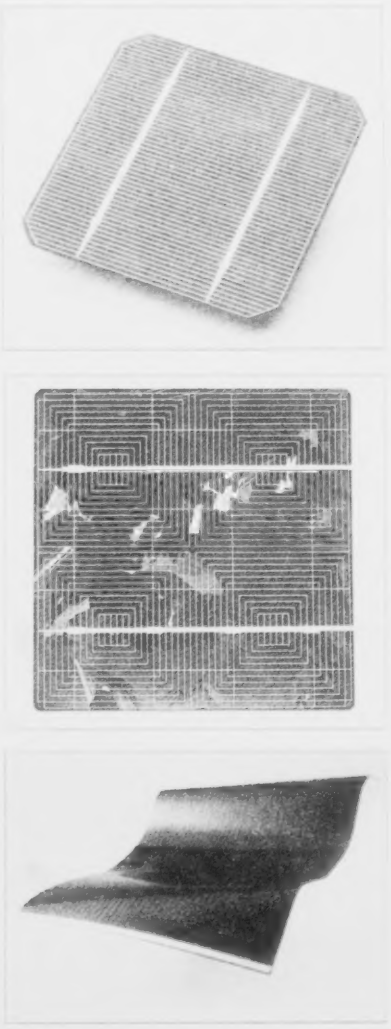
**** Le facteur 0,42 suppose une efficacité des accumulateurs de 85 p. 100 et une décharge maximale de 50 p. 100. Si les accumulateurs doivent fonctionner à des températures inférieures à 20 °C, leur capacité (en Ah) diminuera. Consultez le distributeur de systèmes photovoltaïques.*

Technologie photovoltaïque

La plupart des cellules photovoltaïques sont faites de **silicium**, l'un des éléments les plus abondants sur la Terre; le sable des plages est fait d'oxyde de silicium (silice). Les premières cellules PV offertes mises le marché étaient composées de **silicium monocristallin**, c'est-à-dire qu'elles contenaient un seul cristal. D'autres techniques de fabrication ont donné les cellules de **silicium polycristallin** contenant plusieurs cristaux. Les cellules de silicium polycristallin sur le marché sont à peine moins efficaces que les cellules monocristallin et leur utilisation est très répandue parce que le rapport coût-rendement est le même.

Le développement des technologies des **cellules à couche mince** a permis de réduire plus encore les coûts en diminuant la quantité de materiel requis pour fabriquer une cellule. Les cellules de **silicium amorphe** peuvent contenir une couche mince de silicium et conviennent à la production en série. Par ailleurs, de nouvelles techniques de production ont conduit à la fabrication de cellules de silicium amorphe « multijonction », composées de deux ou trois couches de semiconducteur. Puisqu'elles sont moins efficaces, il faut de plus grands modules pour produire une quantité donnée d'électricité.

Les technologies des cellules à couche mince ont donné également les cellules de **tellurure de cadmium** et de **diséléniure de cuivre-indium** que l'on voit apparaître sur le marché.



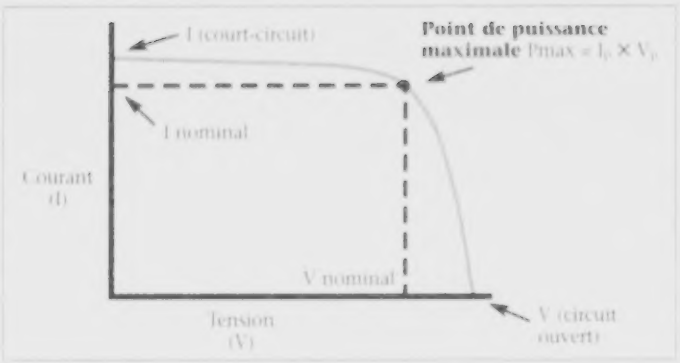
Cellules de silicium monocristallin, polycristallin et amorphe. Photos gracieuseté de Siemens Solar Industries, Photowatt International S.A. et United Solar Systems Corp., respectivement.

Caractéristiques électriques du module : la courbe courant-tension (I-U)

Le module photovoltaïque peut fonctionner selon toute combinaison de courant et de tension présente sur sa courbe courant-tension (courbe I-U) mais, en réalité, il fonctionne selon une seule combinaison à un moment donné. Cette combinaison n'est pas déterminée par les modules mais bien par les caractéristiques électriques du circuit qui y est raccordé.

La tension qui est présente lorsqu'il ne circule aucun courant est appelée **tension en circuit ouvert**. À l'opposé, le courant présent lorsqu'il n'y a aucune tension est appelé **courant de court-circuit**. La tension atteint son point maximal en circuit ouvert, alors que le courant est à son point le plus élevé dans des conditions de court-circuit. Par contre, dans ces deux situations, aucune puissance n'est produite. En pratique, un système fonctionne selon une combinaison de courant et de tension permettant la production d'une quantité raisonnable d'électricité. La meilleure combinaison s'appelle le **point de puissance maximale**. La tension et le courant correspondants sont appelés tension nominale et courant nominal. Le point de puissance maximale sert à déterminer la puissance et le rendement nominaux d'un module.

L'étiquette du module photovoltaïque de qualité devrait indiquer toutes ces caractéristiques électriques – tension en circuit ouvert, courant de court-circuit, point de puissance maximale, tension nominale et courant nominal, qu'on appelle respectivement en anglais « open circuit voltage (V_{oc}) », « short circuit current (I_{sc}) », « maximum power point (MPP) », « rated voltage » ou « nominal voltage (V_p) » et « rated current » ou « nominal current (I_p) ». Il ne faut pas vous attendre à obtenir la puissance nominale du système que vous achetez puisqu'il est impossible pour un système à modules fixes de fonctionner à la puissance maximale en tout temps. Les variations de température peuvent à elles seules modifier la puissance du système.



Points importants qui caractérisent un module photovoltaïque.

Model	ABC		Serial number	123456789	
Manufacturer XYZ					
Made in WZC					
Performance at 1999 W/m² solar irradiance and 25 °C cell temperature					
Max. power		Short circuit current		Rated current	
48 Wp		3.35 A		3.02 A	
Max. syst. open circuit voltage		Open circuit voltage		Rated voltage	
600 V		19.8 V		15.9 V	
Fire rating		Series fuse		Field wiring	
Class C		5 A		copper only, 14 A WG min. insulated for 75 °C min.	

Renseignements indiqués sur l'étiquette d'un module PV typique. Notez que ce type d'étiquette est toujours en anglais.

Autres composants des systèmes

Accumulateurs

La plupart des systèmes photovoltaïques non connectés à un réseau de distribution d'électricité comportent des accumulateurs qui emmagasinent l'énergie en prévision des périodes où il n'y a pas ou à peu près pas de soleil. Certains systèmes spécialisés (comme les

systèmes de pompage de l'eau et de ventilation ou les calculatrices) n'ont pas besoin de dispositifs de stockage, car ils sont utilisés seulement quand il fait jour. Par ailleurs, certains systèmes de pompage stockent l'énergie sous forme d'énergie potentielle de l'eau pompée (c'est-à-dire l'énergie produite par cette eau sous l'effet de la gravité) de préférence à l'électricité. Néanmoins, la plupart des systèmes PV installés au Canada comportent des accumulateurs.

Le choix de la capacité et du genre d'accumulateurs est un élément important lors de la conception du système, surtout s'il s'agit d'un système sans source d'énergie d'appoint. Les accumulateurs peuvent représenter de 25 à 50 p. 100 du coût total du système; il est donc essentiel de choisir le genre qui convient le mieux. Il y a différents genres d'accumulateurs qu'on peut employer selon les exigences du système. Ceux qui durent plus longtemps peuvent être plus coûteux au départ, mais ils sont en général plus rentables à long terme. Il y a sur le marché plusieurs modèles conçus pour être intégrés à des systèmes utilisant une forme d'énergie renouvelable, notamment photovoltaïque ou éolienne. Les accumulateurs à décharge profonde pour embarcations, voiturettes de golf et véhicules de plaisance peuvent aussi convenir et coûtent généralement moins cher à l'achat. Tout distributeur compétent pourra vous conseiller sur le genre d'accumulateur susceptible de convenir le mieux à vos besoins.

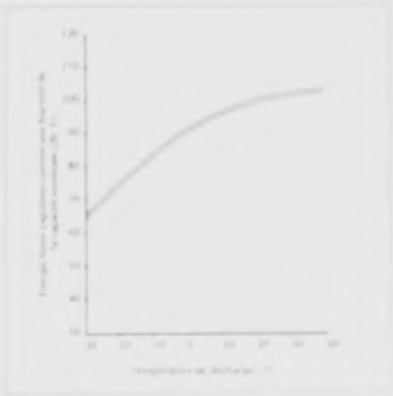
La plupart des systèmes photovoltaïques sont équipés d'accumulateurs acide-plomb, comme ceux au plomb-calcium ou au plomb-antimoine à décharge profonde. N'employez pas des batteries d'automobile, car elles ne sont pas conçues pour supporter des décharges profondes répétées. Les accumulateurs au nickel-cadmium sont rarement utilisés pour les applications résidentielles. Bien qu'ils puissent subir sans dommage de nombreuses décharges profondes et qu'ils soient moins sensibles aux changements de température que les accumulateurs acide-plomb, ils sont aussi plus coûteux à l'achat et beaucoup plus coûteux à recycler. Par conséquent, on les emploie surtout lorsque la fiabilité du système et les frais d'entretien sont jugés assez importants pour justifier les frais additionnels engagés.

La capacité d'un accumulateur s'exprime d'ordinaire en ampère-heures (Ah), c'est-à-dire en fonction de la quantité de courant qu'il peut débiter au cours d'un nombre d'heures précis à sa tension normale et à une température de 25 °C. La capacité nominale de tout accumulateur diminue avec la température. La capacité requise dépend de la décharge totale escomptée, qu'on peut calculer quand on connaît la tension de l'accumulateur, la puissance totale appelée, la durée d'utilisation et la température environnante.

Par exemple, pour alimenter une ampoule de 25 W pendant 8 heures à l'aide d'un accumulateur de 12 V maintenu à une température de 25 °C, il faudrait au moins 16,7 Ah (soit 200 Wh/12 V). Si l'accumulateur doit fonctionner à des températures susceptibles de descendre jusqu'à 0 °C, il faudra choisir un modèle de 20 Ah pour fournir la même charge. En pratique, pour protéger l'accumulateur d'un vieillissement accéléré, on conseille de prévoir une capacité plus grande afin d'éviter la décharge complète. En ce qui a trait aux accumulateurs à décharge profonde, on recommande de ne pas utiliser plus de 80 p. 100 de leur capacité nominale.

Note technique
Sélection des accumulateurs du système – points à considérer :

- caractéristiques de tension et de courant;
- la capacité de stockage est calculée à un taux donné de décharge (taux selon lequel l'énergie est consommée). Si ce taux est inférieur à celui indiqué par le fabricant, la capacité de l'accumulateur est plus grande et vice versa;
- décharge maximale (différente pour chaque type d'accumulateur);
- températures de fonctionnement et l'effet de la température sur le rendement;
- durée des accumulateurs – nombre de cycles de charge-décharge possibles avant qu'un remplacement ne devienne nécessaire. Ce nombre dépend de l'ampleur des décharges. Moins l'accumulateur est déchargé à chaque cycle, plus il peut supporter de cycles;
- exigences d'entretien – certains modèles n'exigent pratiquement aucun entretien;
- densité énergétique (quantité d'énergie utilisable produite par les accumulateurs par rapport à leur poids ou à leur volume, au cours d'une période donnée);
- coût;
- garantie.



Lorsque les accumulateurs doivent fonctionner à une température inférieure à 25 °C, il faut prévoir une capacité nominale supérieure (celle-ci variera en fonction du genre d'accumulateur utilisé et du taux de décharge escompté.)

Notons que les batteries d'automobile subissent des dommages dès que la décharge atteint 20 p. 100 de la capacité nominale; c'est pourquoi elles ne conviennent pas à ce genre d'application.

Dans les fiches de dimensionnement qui servent d'exemple dans la section 7 (étape 2.4), on a attribué une valeur moyenne de 50 p. 100 à la décharge maximale (portion utilisée de la capacité nominale); on choisirait alors une capacité de 40 à 50 Ah dans l'exemple du paragraphe précédent, selon la température à laquelle l'accumulateur doit fonctionner.

Les accumulateurs destinés aux systèmes photovoltaïques sont habituellement conçus pour emmagasiner l'énergie nécessaire pour plusieurs journées de consommation sans soleil. Quand on prévoit de très longues périodes sans soleil, comme dans le Grand Nord, il est bien avisé de s'équiper d'un système hybride plutôt que d'essayer de stocker l'électricité en quantité suffisante. Dans la plupart des cas, la solution la plus pratique semble être de combiner une source d'énergie d'appoint et les accumulateurs.

Matériel de conditionnement de l'énergie

Le matériel de conditionnement transforme l'énergie venant des modules photovoltaïques en énergie plus utilisable. On décrit ci-après deux de ces dispositifs, soit les onduleurs et les régulateurs de charge des accumulateurs.

Onduleurs

Les cellules PV produisent un courant continu (c.c.), et les accumulateurs stockent aussi l'électricité en courant continu. Toutefois, la plupart des appareils exigent un courant alternatif (c.a.). Ainsi, il faut ajouter un onduleur au système pour transformer le courant continu à faible tension (12, 24, 32, 36, 48, 96 ou 120 V c.c.) en courant alternatif à tension plus élevée (120 ou 240 V c.a.). Cette conversion occasionne une certaine perte d'énergie, car l'efficacité des onduleurs est, en général, de 80 à 95 p. 100. Il est plus facile et souvent moins coûteux de se procurer des fils, des éléments et des appareils c.a. que l'équivalent c.c. L'addition d'un onduleur semble donc une précaution logique dans le cas de nombreux systèmes.

Il y a toutes sortes d'onduleurs, et le modèle requis dépend de l'usage auquel il est destiné. Les onduleurs à basse puissance (de 100 à 1 000 W) conviennent aux petits systèmes, qui alimentent des appareils d'éclairage, par exemple. Ils ont une tension d'entrée de 12 ou de 24 V c.c. et de sortie de 120 V c.a. On retrouve des onduleurs à grande puissance (de 1 000 à 4 000 W) avec une entrée de 12, 24 et 48 V c.c. et une sortie de 120 ou 240 V c.a. Dans le cas des appareils qui subissent une forte surtension à la mise en marche (moteurs électriques, par exemple), il faut employer des onduleurs à haute puissance.

Les onduleurs les moins dispendieux produisent un courant à onde carrée modifiée qui n'atteint pas la qualité de celui produit par un service public de distribution. On compte une douzaine d'appareils qui, en général, ne fonctionnent pas efficacement avec un tel onduleur. Un distributeur saura vous aider à trouver des solutions à ces problèmes en choisissant avec vous les appareils, outils, etc., les mieux adaptés. Les onduleurs à onde sinusoïdale produisent habituellement une électricité dont la qualité est semblable à celle d'un réseau de distribution.

Certains types de modules, appelés modules c.a., sont munis d'onduleurs intégrés. Il est possible de monter un système c.a. complet, en raccordant les uns aux autres des modules c.a.; chaque module augmente la puissance du générateur photovoltaïque. (Ces onduleurs sont employés uniquement dans les systèmes connectés à un réseau.)

Bien des onduleurs offerts sur le marché de nos jours possèdent les caractéristiques suivantes :

1) **dispositif de comptage :** affiche la tension d'entrée et de sortie, la fréquence de sortie, et la tension et la fréquence relatives au groupe électrogène;
2) **mise en marche du groupe électrogène :** relais supplémentaires qui assurent la mise en marche automatique du

groupe électrogène à combustible si les accumulateurs atteignent un niveau programmé de décharge. Certains modèles peuvent également être programmés pour empêcher la mise en marche durant la nuit (pour éviter le bruit), à moins que les accumulateurs atteignent un deuxième niveau de décharge programmé, auquel cas le groupe électrogène se mettra en marche tout de même;

3) **connexion au réseau :** l'onduleur peut convertir le courant continu des modules PV en courant alternatif synchronisé avec celui du réseau de distribution d'électricité. Cette caractéristique permet de réduire ou même d'éliminer les factures mensuelles d'électricité;

4) **charge des accumulateurs :** les onduleurs peuvent tirer de l'électricité tant du réseau que du groupe électrogène pour charger les accumulateurs en même temps qu'ils alimentent les appareils branchés aux système. Certains modèles d'onduleurs vont modifier le taux de charge et la tension en fonction du type d'accumulateurs et de leur température.

5) **empilage :** certains onduleurs peuvent être raccordés les uns aux autres, soit pour multiplier la puissance de sortie ou pour obtenir une tension de 240 V c.a.

Régulateurs de charge

Les régulateurs de charge des accumulateurs servent à contrôler l'intensité de courant passant par les accumulateurs et les protègent ainsi contre les surcharges et les décharges complètes. Ils peuvent aussi mesurer la tension des accumulateurs pour y détecter le niveau de charge. On trouve sur le marché des régulateurs de 2 à 300 A adaptés à des tensions de 12 à 48 V c.c.

Divers genres de contrôleurs sont commercialisés : on trouve le plus souvent les régulateurs « tout ou rien » et à modulation de largeur d'impulsion. Les modèles plus sophistiqués sont aussi plus efficaces, mais vous devez évaluer avec l'aide d'un distributeur si leur rendement justifie le coût additionnel. À titre d'exemple, certains modèles comportent un optimiseur de puissance fournie (MPPT). Ce dernier permet aux modules de fonctionner à la puissance maximale en fonction du niveau d'ensoleillement même si l'accumulateur est rechargé à une tension constante. Cette caractéristique permet d'augmenter la production d'énergie d'environ 10 p. 100 en été et d'environ 30 p. 100 en hiver. Ces gains sont généralement plus importants dans le cas des panneaux à tension nominale élevée.

Dispositif de poursuite solaire

Tous les jours, le soleil poursuit sa course dans le ciel. Afin de retirer le maximum de puissance des modules photovoltaïques, un dispositif de poursuite peut s'avérer un élément rentable. La principale considération touche les économies à réaliser. Est-ce que la puissance de sortie augmentée obtenue à l'aide d'un moins grand nombre de panneaux dotés d'un dispositif de poursuite l'emporte sur le coût d'achat de panneaux supplémentaires destinés à un champ de modules à installation fixe? En pratique, plus grande est la surface totale des modules, plus le dispositif de poursuite est rentable. N'oubliez pas que les modules à installation fixe doivent être montés sur une structure, alors le coût réel du dispositif équivaut à la différence entre son prix et celui d'une structure fixe.

Les dispositifs de poursuite sont installés habituellement à une distance de 3 mètres (10 pieds) du sol, ce qui permet de ne pas percer la toiture. On évite ainsi les accumulations de neige et de glace, qui sont plus importantes sur un toit qu'à un endroit dégagé et en hauteur. Demandez à un distributeur de vous expliquer le pour et le contre des dispositifs de poursuite manuels et automatiques que l'on trouve actuellement sur le marché.

Si vous songez à acquérir un tel dispositif, rappelez-vous qu'il n'augmentera pas de façon significative le rendement du système durant l'hiver au Canada. Les dispositifs de poursuite sont plus rentables s'ils font partie de systèmes qui sont en fonction du printemps à l'automne, surtout ceux qui sont installés dans les régions plus au nord.

Comme les dispositifs de poursuite automatiques rendent le système plus complexe, ils sont rarement installés sur des systèmes laissés sans surveillance durant de longues périodes, comme ceux des télécommunications.

Annexe A Fiche de dimensionnement

Cette fiche de dimensionnement vous aidera à estimer approximativement la dimension du système photovoltaïque qui vous convient dra. À cette étape de la conception, vous devrez tout simplement choisir la tension nominale des accumulateurs et établir la durée de la période d'ensoleillement maximal dans votre région. Les résultats que vous obtiendrez ci-dessous ne constituent que des estimations et ils ne remplacent nullement la conception et l'expertise techniques nécessaires à l'installation d'un système approprié. Si vous désirez faire vous-même la conception technique de votre système, vous pouvez vous procurer le document intitulé *Manuel de conception de systèmes photovoltaïques* publié par Ressources naturelles Canada (pour commander, voir la section « Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire » à la page 46).

Remarque : Les données des équations utilisées dans la fiche doivent être exprimées sous forme de fractions, et non de pourcentage. Par exemple, une efficacité de 90 p. 100 s'exprimera par 0,90 dans vos calculs.

Fiche de dimensionnement :

1re étape : Estimation des besoins en électricité (en Wh/j)

Appareil ou charge	c.a. ou c.c. (cochez une case) c.a.	c.c.	(A) Puissance nominale (réelle ou estimée) (W)	(B) Heures d'utilisation par jour	(C) Taux de consommation (Wh/j) (A) × (B) c.a.	c.c.

Sous-total : c.a. : _____ Wh/j c.c. : _____ Wh/j

L'efficacité de l'onduleur ($Eff_{cc\ ca}$) se situe entre 80 et 95 p. 100 (0,80 et 0,95). Pour vous aider à effectuer les calculs préliminaires, on a indiqué (en italiques) une efficacité de 0,90. Rajustez cette valeur au besoin, lorsque vous avez choisi le modèle d'onduleur et que vous avez pris connaissance des valeurs nominales précisées par le fabricant.

Rectifiez les charges c.a. pour tenir compte des pertes dues à l'onduleur : Charge c.a. = $\frac{\text{_____}}{Eff_{cc\ ca}}$ = $\frac{\text{_____}}{0,90}$ Wh/j : _____

Charge journalière totale : Charge c.c. + charge c.a. rectifiée = _____ Wh/j

Fiche de dimensionnement :

2e étape : Dimensionnement approximatif du système photovoltaïque

2.1. Choix entre en système (non connecté) autonome ou hybride

Autonome

- utilisation saisonnière (principalement en été)
- utilisation à longueur d'année avec une faible demande d'énergie (< 1 kWh/j)
  ou
  une certaine tolérance aux interruptions de courant
- accès au lieu limité ou coûteux
- le facteur de l'entretien est important

Hybride

- utilisation à longueur d'année et demande d'énergie > 2,5 kWh/j
  ou
  lieu nordique (latitude)
- groupe électrogène déjà en place
- très faible tolérance aux interruptions

2.2. Estimation de l'ensoleillement maximal (en h/j)

Ensoleillement maximal : _____ h/j (Consultez les cartes à la page 27 ou lire « Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire » à la page 46.)

2.3. Estimation de la puissance requise (en W)

$$\text{Puissance du champ de modules (en W)} = \frac{\text{Charge journalière totale (Wh/j)}}{\text{Heures d'ensoleillement maximal} \times 0{,}77^{*}}$$

$$= \frac{_____ \text{ Wh/j}}{_____ \text{ h/j} \times 0{,}77}$$

$$= _____ \text{ W}^{**}$$

* *Le facteur 0,77 suppose une efficacité du régulateur de charge des accumulateurs de 90 p. 100 et une efficacité des accumulateurs de 85 p. 100.*

** *Établi sur la base de la puissance de sortie nominale des modules photovoltaïques si un optimiseur de puissance fournie est utilisé (voir le lexique à la page 44). Si l'on n'utilise pas d'optimiseur, on doit tenir compte des pertes de puissance et ainsi augmenter la capacité nominale de 15 à 25 p. 100. Consultez le distributeur.*

2.4. Estimation de la capacité de stockage requise (en Ah)

Tension nominale des accumulateurs (V_{acc}) : ____ V c.c. (volts courant continu) (typiquement de 12, 24 ou 48 V)

Nombre de jours de stockage nécessaires : (en règle générale, on prévoit 3 jours) _____ jours

$$\text{Capacité des accumulateurs (en Ah)} : \frac{\text{charge journalière totale (Wh/j)} \times \text{jours de stockage}}{\text{tension } (V_{acc}) \times 0{,}42^{***}}$$

$$= \frac{____ \text{ Wh/j} \times ____ \text{ jours}}{____ \text{ V} \times 0{,}42}$$

$$= _____ \text{ Ah}$$

*** *Le facteur 0,42 suppose une efficacité des accumulateurs de 85 p. 100 et une décharge maximale de 50 p. 100. Si les accumulateurs doivent fonctionner à des températures inférieures à 20 °C, leur capacité (en Ah) diminuera. Consultez alors le distributeur de systèmes photovoltaïques.*

Puissance nominale type d'appareils courants

	Puissance nominale (W)
12 V c.c.	
Chaîne stéréo d'automobile	6
Lampes :	
à incandescence	25
fluorescent compact	4 à 20
fluorescent de 4 pi	40
Cafetière	140
Perceuse (3/8 po)	144
Pompe à eau	50 à 300
Radio bande publique :	
réception	4
transmission	6
Horloge numérique (DEL)	2
Séchoir	400
Téléviseur portatif :	
noir et blanc	20
couleur	60
Ventilateur d'extraction (pales de 15 cm)	24

	Puissance nominale (W)
120 V c.a.	
Aspirateur	200 à 1 400
Cafetière	900
Chauffe-moteur	600
Fer à friser	25
Fer à repasser	1 000
Four à micro-ondes	600 à 1 500
Grille-pain	1 100
Horloge	2
Lampes :	
à incandescence	25 à 100
fluorescent compact	4 à 20
fluorescent de 4 pi	40
Lave-vaisselle (eau chaude exclue)	1 300
Laveuse (eau chaude exclue)	300 à 500
Laveuse à chargement frontal	160
Magnétoscope (fonctionnement/en attente)	30/5
Ordinateur personnel :	
de bureau	250
imprimante laser (impression/en attente)	600/30
portatif	25
chargeur de piles pour portatif	100 (max.)
Perceuse	300
Pompe à eau (jet, de ½ HP)	1 000
Radio	5
Radio à bande latérale unique (inactif)	4
Scie	400 à 1 000
Séchoir	1 000 à 1 500
Stéréo	30
Téléphone sans fil (transmission/en attente)	96/12
Téléviseur (19 po) :	
noir et blanc (allumé)	60
couleur (allumé/en attente avec télécommande)	100/5
télécommande (en attente)	5
Ventilateur portatif	115
Ventilateur d'appareil de chauffage (varie beaucoup)	350

Note : Ces valeurs sont fournies à titre d'indication seulement; consulter les données des fabricants pour des valeurs spécifiques.

À propos des moteurs électriques

La puissance d'un moteur électrique s'exprime souvent en horsepower (HP). Elle désigne la puissance de sortie mécanique du moteur. Si vous avez les données sur le courant et la tension, il est préférable de les utiliser plutôt que de tenter de convertir les données HP en watts. Le watt (W) est l'unité SI de puissance (1 HP = 746 W). Toutefois, une conversion simple peut ne pas donner la demande réelle d'électricité, en raison du facteur de puissance d'un moteur à courant alternatif ou d'autres sources d'inefficacité inhérentes à tout moteur. Si vous avez l'intention d'alimenter un moteur c.a. ordinaire grâce à un système photovoltaïque, vous pouvez vous servir de la formule suivante pour évaluer la demande d'électricité : 1 HP (puissance de sortie mécanique) = 1 kW (puissance d'entrée électrique).

Comparaison de systèmes d'éclairage types

Ampoules à incandescence

Watts	*Lumens*
25	220
40	495
60	855
75	1 170
100	1 680

Lampes fluorescentes compactes à ballast magnétique

Watts	*Lumens*
5	220
7	400
9	550
13	860
18	1 160
26	1 700

Lampes fluorescentes compactes à ballast électronique

Watts	*Lumens*
15	900
18	1 100
20	1 200
25	1 750

▲ *Source :* Les appareils d'éclairage éconergétiques pour la maison : l'éclairage domestique *(publication de Ressources naturelles Canada)*

Lexique

Ampèreheure (Ah)
Courant d'un ampère pendant une heure.

Autres composants du système
Éléments du système photovoltaïque autres que les modules et les accumulateurs. Englobe notamment les interrupteurs, les contrôleurs, les compteurs, le matériel de conditionnement d'énergie, les dispositifs de poursuite solaire et la structure qui supporte le champ de modules photovoltaïques.

Cellule photovoltaïque
Dispositif convertissant directement la lumière en électricité. Élément fondamental du module photovoltaïque.

Charge
Tout ce qui, dans un circuit électrique, tire de l'énergie du circuit, lorsque celui-ci est sous tension (lampes, appareils, outils, pompes, etc.).

Clause restrictive
Servitude spéciale pouvant servir à assurer l'accès au rayonnement solaire ou au vent dans le cas d'un système solaire ou éolien. (Voir aussi « servitude ».)

Connexion en parallèle
Méthode d'interconnexion de dispositifs de génération ou de consommation d'électricité, selon laquelle la tension produite ou requise demeure la même alors que le courant des dispositifs s'additionne. Contraire de « connexion en série ».

Connexion en série
Méthode d'interconnexion de dispositifs de génération ou de consommation d'électricité, selon laquelle la tension des dispositifs s'additionne alors que le courant demeure le même. Contraire de « connexion en parallèle ».

Courant de court-circuit
Courant circulant librement d'une cellule photovoltaïque dans un circuit externe sans charge ni résistance; courant maximal possible.

Horsepower (HP)
Unité impériale de puissance équivalent à 746 watts.

Kilowatt (kW)
Mille watts.

Kilowattheure (kWh)
Quantité d'énergie équivalant à mille watts de puissance pendant une heure.

Lumens
Unité de mesure qui représente le taux auquel la lumière est émise par une source.

Matériel de conditionnement d'énergie
Appareillage électrique utilisé pour convertir l'énergie de modules photovoltaïques en énergie utilisable. Terme collectif qui désigne à la fois l'onduleur, le convertisseur, le régulateur de charge d'accumulateurs et la diode antiretour.

Module photovoltaïque
Cellules photovoltaïques interconnectées (en série ou en parallèle) montées habituellement en une unité étanche de dimension pratique pour l'expédition, la manipulation et l'assemblage en champs de modules. Synonyme de « panneau photovoltaïque ».

Montage avec écartement
Technique de montage d'un champ de modules photovoltaïques sur un toit en pente, selon laquelle on laisse un espace entre les modules et le toit et on incline les modules à l'angle optimal.

Optimiseur de puissance fournie (MPPT)
Contrôleur de la charge qui surveille en continu le point de puissance maximale fournie d'un module ou d'un champ de modules photovoltaïques dans le but d'en augmenter le rendement. Le point de puissance maximale, sur la courbe courant-tension (I-U) d'un système photovoltaïque, est celui où la puissance maximale est produite.

Champ de modules photovoltaïques
Ensemble de modules photovoltaïques interconnectés et fonctionnant comme une seule unité de production d'électricité. Les modules sont assemblés sur un support ou bâti commun. Dans le cas d'un système de dimension réduite, il peut s'agir d'un ensemble de deux modules sur leur support ou bâti.

Servitude
Entente légale, verbale ou écrite, définissant un intérêt à l'usage exclusif, commun ou bipartite d'une propriété privée ou de l'espace aérien qui le recouvre. Le « droit de passage » en vertu duquel un service public d'électricité peut faire passer des lignes électriques sur des propriétés privées est un type courant de servitude. (Voir aussi « Clause restrictive ».)

Système photovoltaïque
Ensemble complet d'éléments de conversion de la lumière solaire en électricité utilisable par processus photovoltaïque, comprenant les modules photovoltaïques et les autres composants du système.

Système photovoltaïque autonome
Système photovoltaïque non connecté à un réseau de distribution d'électricité ne comportant pas de source d'appoint et dépendant uniquement de l'énergie solaire pour répondre à la demande d'électricité. Il peut ou non être complété d'accumulateurs.

Système photovoltaïque hybride
Système photovoltaïque comportant d'autres sources de production d'électricité, tel une éolienne ou un groupe électrogène au diesel.

Système photovoltaïque non connecté au réseau
Système photovoltaïque qui n'est pas connecté à un réseau de distribution d'électricité. Il peut être autonome ou hybride. Il peut aussi comporter ou non des accumulateurs, bien qu'il doive comprendre le plus souvent des accumulateurs ou quelque autre forme de stockage d'énergie (un réservoir d'eau pompée, par exemple).

Télémesure
Mesure à distance d'une quantité physique à l'aide d'instruments qui convertissent cette mesure en un signal transmissible.

Tension en circuit ouvert
Tension présente aux bornes d'une cellule photovoltaïque exposée à l'ensoleillement maximal, lorsqu'il ne circule aucun courant; tension maximale possible.

Wattheure (Wh)
Quantité d'électricité équivalente à un watt de puissance consommé pendant une heure.

Où se renseigner davantage sur l'énergie solaire

Ressources naturelles Canada
(RNCan)
Division de l'énergie renouvelable
et électrique
Direction des ressources
énergétiques
580, rue Booth, 17e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 995-0087
Internet :
http://www.rncan.gc.ca/penser

ou

Ressources naturelles Canada
Direction de la technologie de
l'énergie de CANMET
580, rue Booth, 13e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 996-9418
Internet :
http://www.rncan.gc.ca/se/etb/
index_fr.html

Association des industries solaires
du Canada (CanSIA)
2415 Holly Lane, bureau 250
Ottawa (Ontario) K1V 7P2
Téléphone : (613) 736-9077
Télécopieur : (613) 736-8938
Internet : http://www.cansia.ca

Énergie solaire Québec
460, rue Sainte-Catherine Ouest,
bureau 701
Montréal (Québec) H3B 1A7
Téléphone : (514) 392-0095
Télécopieur : (514) 392-0952
Internet : http://www.esq.qc.ca

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires de la présente publication et d'autres publications qui traitent de l'énergie renouvelable et de l'efficacité énergétique, veuillez appeler au numéro sans frais 1 800 387-2000. Vous pouvez également télécharger un exemplaire de cette publication à partir de l'adresse Internet http://www.rncan.gc.ca/penser.

Visitez le site Internet du Réseau canadien des énergies renouvelables (RetCER) à l'adresse http://www.rescer.gc.ca.

Logiciel gratuit pour vous aider à prendre une décision

Les technologies de l'énergie renouvelable – comme les systèmes photovoltaïques, les parcs d'éoliennes, le chauffage solaire de l'air de ventilation ou les chauffe-eau solaires – peuvent constituer un investissement intéressant. Le logiciel RETScreen® International facilite la prise de décision. Il s'agit d'un logiciel d'analyse normalisée des projets d'énergie renouvelable qui peut vous aider à déterminer si un système photovoltaïque est un investissement rentable dans votre cas. Le logiciel comporte des feuilles de calcul électronique Excel de Microsoft® et un manuel de l'utilisateur détaillé et des bases de données qui vous aideront à faire votre évaluation. Le logiciel et le manuel peuvent être téléchargés à partir du site Internet http://retscreen.gc.ca ou il est possible de se les procurer en communiquant avec RNCan au (450) 652-4621 ou par télécopieur au (450) 652-5177.

Données sur le climat et le rayonnement solaire

Les données climatologiques et les normales climatiques mensuelles de 1961 à 1990 sont disponibles sur cédérom. Pour commander un disque, visitez le site Internet d'Environnement Canada à l'adresse http://www.msc-smc.ec.gc.ca/climate/products_services/climate_products/climate_data_f.cfm.

Certaines données sont disponibles en ligne à http://www.msc-smc.ec.gc.ca/climate/climate_normals/index_f.cfm.

Vous trouverez également certaines de ces données dans le logiciel RETScreen® International mentionné précédemment.

Questionnaire à l'intention du lecteur

Nous vous remercions de l'intérêt que vous portez à ce *Guide de l'acheteur* publié par Ressources naturelles Canada et, soucieux de l'améliorer, nous vous saurions gré de prendre quelques minutes pour répondre aux questions qui suivent.

1. Où avez-vous trouvé un exemplaire du *Guide*?

Brochure d'introduction (RNCan) ☐ Distributeur ☐ Magasin ☐
Association des industries solaires du Canada ☐ Salon professionnel ☐ Autre ☐

2. Avez-vous trouvé ce *Guide* instructif? Oui ☐ Non ☐

3. Que saviez-vous des systèmes faisant appel à l'énergie solaire avant de lire le *Guide*?

Tout ☐ Beaucoup de choses ☐ Peu de choses ☐ Rien ☐

4 a) Après avoir lu le *Guide*, que pensez-vous des aspects énumérés ci-après?

	Excellent	Bon	Moyen	Satisfaisant	Médiocre
Facilité de compréhension	☐	☐	☐	☐	☐
Longueur	☐	☐	☐	☐	☐
Clarté	☐	☐	☐	☐	☐
Intégralité	☐	☐	☐	☐	☐
Photographies	☐	☐	☐	☐	☐
Éléments graphiques	☐	☐	☐	☐	☐
Présentation	☐	☐	☐	☐	☐

4 b) N'hésitez pas à nous faire part de vos commentaires et de vos suggestions.

5. Si vous installez un système photovoltaïque, celui-ci desservira :

☐ Une maison ☐ Une ferme ☐ Un chalet ☐ Autre (précisez)

6. J'aimerais recevoir plus de renseignements sur les systèmes photovoltaïques. Oui ☐ Non ☐

7. J'aimerais recevoir la liste des distributeurs et des installateurs de ma région. Oui ☐ Non ☐

Veuillez indiquer votre nom et votre adresse (en lettres moulées).

Nom :

Rue :

Ville : Province : Code postal :

Téléphone : Courriel :

Veuillez faire parvenir le formulaire rempli à :
Ressources naturelles Canada
Division de l'énergie renouvelable et électrique
580, rue Booth, 17e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 995-0087

Merci